

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Инженерная школа природных ресурсов
Направление подготовки 18.03.01 Химическая технология
Профиль Химическая технология природных энергоносителей и углеродных материалов
Отделение химической инженерии

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Совершенствование процесса пиролиза бензиновых фракций

УДК 665.642.002.5.-048.35

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-2Д33	Винокурова Анна Олеговна		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Чузлов Вячеслав Алексеевич			

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Рыжакина Татьяна Гавриловна	К.Э.Н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Король Ирина Степановна	К.Х.Н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Кузьменко Елена Анатольевна	К.Т.Н.		

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
Профессиональные компетенции	
P1	Применять базовые и специальные, математические, естественнонаучные, социально-экономические и профессиональные знания в профессиональной деятельности
P2	Применять знания в области современных химических технологий для решения производственных задач
P3	Ставить и решать задачи производственного анализа, связанные с созданием и переработкой материалов с использованием моделирования объектов и процессов химической технологии
P4	Разрабатывать новые технологические процессы, проектировать и использовать новое оборудование химической технологии, проектировать объекты химической технологии в контексте предприятия, общества и окружающей среды
P5	Проводить теоретические и экспериментальные исследования в области современных химических технологий
P6	Внедрять, эксплуатировать и обслуживать современное высокотехнологичное оборудование, обеспечивать его высокую эффективность, выводить на рынок новые материалы , соблюдать правила охраны здоровья и безопасности труда на химико-технологическом производстве, выполнять требования по защите окружающей среды.
Общекультурные компетенции	
P7	Демонстрировать знания социальных, этических и культурных аспектов профессиональной деятельности.
P8	Самостоятельно учиться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности.
P9	Активно владеть иностранным языком на уровне, позволяющем разрабатывать документацию, презентовать результаты профессиональной деятельности.
P10	Эффективно работать индивидуально и в коллективе, демонстрировать лидерство в инженерной деятельности и инженерном предпринимательстве , ответственность за результаты работы и готовность следовать корпоративной культуре организации.

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Инженерная школа природных ресурсов
Направление подготовки 18.03.01 Химическая технология
Профиль Химическая технология природных энергоносителей и углеродных материалов
Отделение химической инженерии

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель ООП

(Подпись) _____ (Дата) Е.Н. Кузьменко
(Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
3-2Д33	Винокуровой Анне Олеговне

Тема работы:

Совершенствование процесса пиролиза бензиновых фракций	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№ 2589/с от 13.04.2018

Срок сдачи студентом выполненной работы:	30.04.2018
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе (наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</p>	<p>Объект исследования: процесс пиролиза бензиновых фракций.</p> <p>Исследование установления кинетических закономерностей протекания процесса пиролиза.</p>
<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов (аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Литературный обзор 1.1 Модернизация конструкции печей пиролиза 1.2 Трубчатые печи 1.3 Щелочная очистка пирогаза 1.4 Осушка на цеолитах 1.5 Декоксование змеевиков и ЗИА печей пиролиза 1.6 Параметры и условия проведения процесса 1.6.1 Температура процесса 1.6.2 Время пребывания сырья в реакционном змеевике 1.6.3 Парциальное давление углеводородов 1.6.4 Природа исходного сырья 1.7 Характеристика продукции 1.7.1 Этилен

	1.7.2 Пропилен 1.7.3 Смола пиролизная тяжелая 2. Объекты и методы исследования 2.1 Общая характеристика производства 2.2 Описание технологического процесса 2.3 Схема установки пиролиза бензина 2.4 Методы исследования 2.4.1 Метод измерения фракционного состава 2.4.2 Метод измерения группового углеводородного состава 2.4.3 Метод измерения компонентного состава 3 Экспериментальная часть 4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение 4.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения 4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования 4.1.2 Анализ конкурентных технических решений 4.1.3 SWOT-анализ 4.1.4 Определение возможных альтернатив проведения научных исследований 4.2 Планирование научно-исследовательских работ 4.2.1 Структура работ в рамках научного исследования 4.2.2 Определение трудоемкости работ 4.2.3 График проведения научного исследования 4.3 Бюджет научного исследования 4.3.1 Расчет материальных затрат НИИ 4.3.2 Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ 4.3.3 Основная заработная плата исполнителей темы 4.3.4 Дополнительная заработная плата исполнителей темы 4.3.5 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления) 4.3.6 Накладные расходы 4.3.7 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта 4.4 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования 5 Социальная ответственность 5.1 Производственная безопасность 5.2. Экологическая безопасность 5.3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях 5.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности
--	---

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)	
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Рыжакина Татьяна Гавриловна, к.э.н., доцент
Социальная ответственность	Король Ирина Степановна, к.х.н., доцент
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках: все разделы предоставляются на русском языке	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	
---	--

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Чузлов Вячеслав Алексеевич			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-2Д33	Винокурова Анна Олеговна		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
3-2Д33	Винокурова Анна Олеговна

Школа	ИШПР	Отделение школы (НОЦ)	Химической инженерии
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	18.03.01 Химическая технологи, профиль «Химическая технология природных энергоносителей и углеродных материалов»

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Использование информации, представленной в российских и иностранных научных публикациях, аналитических материалах и изданиях, нормативно-правовых документах.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Проведение предпроектного анализа. Определение целевого рынка и проведение его сегментирования. Выполнение SWOT-анализа проекта.
2. Определение возможных альтернатив проведения научных исследований	Определение целей и ожиданий, требований проекта. Определение заинтересованных сторон и их ожиданий.
3. Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски.	Составление календарного плана проекта. Определение бюджета НТИ
4. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности.	Проведение оценки экономической эффективности пиролиза прямогонного бензина

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Оценка конкурентоспособности технических решений
2. Матрица SWOT
3. График проведения и бюджет НТИ
4. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НТИ
5. Сравнительная эффективность разработки

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	16.04.2018
--	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Рыжакина Татьяна Гавриловна	К.Э.Н		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-2Д33	Винокурова Анна Олеговна		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
3-2Д33	Винокуровой Анне Олеговне

Школа	ИШПР	Отделение школы (НОЦ)	Химической инженерии
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	18.03.01 Химическая технология, профиль «Химическая технология природных энергоносителей и углеродных материалов»

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и область его применения	<p>Объект исследования: пирогаз печей пиролиза</p> <p>Рабочая зона: установка пиролиза бензина и лаборатория производства Мономеров ООО «Томскнефтехим»</p> <p>Область применения: нефтегазовая промышленность</p>
--	--

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p>1. Производственная безопасность</p> <p>1.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения</p> <p>1.2. Анализ выявленных опасных и опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения</p>	<ul style="list-style-type: none"> – анализ вредных и опасных факторов, которые может создать объект исследования. – анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть в лаборатории при проведении исследований. – обоснование мероприятий по защите исследователя от действия опасных и вредных факторов.
<p>2. Экологическая безопасность:</p>	<ul style="list-style-type: none"> – анализ влияния объекта исследования на окружающую среду. – анализ влияния процесса исследования на окружающую среду. – обоснование мероприятий по защите окружающей среды.
<p>3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</p>	<ul style="list-style-type: none"> – анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований. – анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть в лаборатории при проведении исследований. – обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС.
<p>4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p>	<ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные для рабочей зоны исследователя)

	<p>правовые нормы трудового законодательства.</p> <p>– организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны исследователя.</p>
--	---

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	16.04.2018
---	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Король Ирина Степановна	К.Х.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
З-2ДЗЗ	Винокурова Анна Олеговна		

Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 87 страниц, 12 рисунков, 37 таблиц, 26 источников.

Ключевые слова: этилен, пропилен, пиролиз, бензин, олефины.

Объектом исследования является процесс пиролиза бензиновых фракций.

Цель работы – изучение сырья, свойств процесса и их влияния на протекание реакции.

В процессе исследования изучено влияние температуры, состава сырья на результаты процесса пиролиза бензиновых фракций, а именно выход целевых продуктов.

В результате исследования для повышения эффективности работы установки подобраны оптимальные режимы ведения процесса в зависимости от состава сырья.

Область применения: нефтеперерабатывающие предприятия, где реализуется процесс пиролиза.

Экономическая значимость работы заключается в возможности оптимизации процесса путем подбора оптимальных параметров процесса пиролиза.

Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки

Определения

В данной работе применены следующие термины с соответствующими определениями:

пиролиз: высокотемпературный термолиз газообразного, среднестиллятного и легкого углеводородного сырья, который проводится при низком давлении и малой продолжительности.

этилен: бесцветный горючий газ, способный к взрывному разложению при повышенном давлении, высокой температуре или воздействии открытого огня в присутствии кислорода.

смола пиролизная тяжелая: горючая вязкая жидкость, содержащая ароматические углеводороды C8 и выше и полициклические ароматические углеводороды.

Обозначения и сокращения

Данная работа содержит следующие обозначения и сокращения:

ЗИА – закалочно – испарительные аппараты

КПД – коэффициент полезного действия

ЭЭФ – этан – этиленовая фракция

ППФ – пропан–пропиленовая фракция

УВ – углеводороды

ПБФ – пропан – бутановая фракция

СУГ – сжиженные углеводородные газы

ШФЛУ – широкая фракция легких углеводородов

ЭКО – экономайзер

ДТП – детектор по теплопроводности

ДИП – пламенно–ионизационный детектор

ПО – программное обеспечение

АПК – аппаратно–програмный комплекс

Нормативные ссылки

В настоящей работе использованы ссылки на следующие стандарты:

1. ГОСТ 25070 –2013 Этилен. Технические условия
2. ГОСТ 25043 –2013 Пропилен. Технические условия
3. ТУ 2451-183-72042240-2013 Смола пиролизная тяжелая
4. ГОСТ 2177-99 Нефтепродукты. Методы определения фракционного состава
5. МИ 106-2010 Бензин–сырье пиролиза. Определение группового углеводородного состава хроматографическим методом.
6. МИ № 141–2011 Газы производства мономеров. Газохроматографический метод определения водорода, оксида углерода, диоксида углерода и углеводородов C1–C7
7. ГН 2.2.5.1313–03. Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны
8. ГОСТ 12.4.011-89 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Средства защиты работающих.
9. ГН 2.2.5.1313–03. Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны
10. ГОСТ 12.4.011-89 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Средства защиты работающих.
11. ГОСТ Р 12.1.019-2009 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность.
12. ГОСТ 17.1.3.06–82. Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к охране подземных вод.
13. ГОСТ Р 22.0.01-94. Безопасность в ЧС. Основные положения.
14. ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования.
15. ГОСТ 12.2.033-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования.

Оглавление

Введение	14
1. Литературный обзор.....	16
1.1 Модернизация конструкции печей пиролиза	16
1.2 Трубчатые печи	17
1.3 Щелочная очистка пирогаза	24
1.4 Осушка на цеолитах.....	25
1.5 Декоксование змеевиков и ЗИА печей пиролиза	25
1.6 Параметры и условия проведения процесса	26
1.6.1 Температура процесса.....	27
1.6.2 Время пребывания сырья в реакционном змеевике	29
1.6.3 Парциальное давление углеводородов.....	29
1.6.4 Природа исходного сырья.....	30
1.7 Характеристика продукции.....	32
1.7.1 Этилен.....	32
1.7.2 Пропилен.....	33
1.7.3 Смола пиролизная тяжелая	34
2. Объекты и методы исследования	36
2.1 Общая характеристика производства	36
2.2 Описание технологического процесса	38
2.3 Схема установки пиролиза бензина	42
2.4 Методы исследования.....	43
2.4.1 Метод измерения фракционного состава	43
2.4.2 Метод измерения группового углеводородного состава.....	44
2.4.3 Метод измерения компонентного состава	45
3 Экспериментальная часть	Ошибка! Закладка не определена.
4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	48
4.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	48

4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования.....	48
4.1.2 Анализ конкурентных технических решений	49
4.1.3 SWOT-анализ.....	51
4.1.4 Определение возможных альтернатив проведения научных исследований	53
4.2 Планирование научно-исследовательских работ	53
4.2.1 Структура работ в рамках научного исследования	53
4.2.2 Определение трудоемкости работ	54
4.2.3 График проведения научного исследования.....	56
4.3 Бюджет научного исследования.....	57
4.3.1 Расчет материальных затрат НТИ	58
4.3.2 Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ.....	59
4.3.3 Основная заработная плата исполнителей темы.....	60
4.3.4 Дополнительная заработная плата исполнителей темы	62
4.3.5 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)	62
4.3.6 Накладные расходы.....	63
4.3.7 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта	64
4.4 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.....	64
5 Социальная ответственность	67
5.1 Производственная безопасность	67
5.2. Экологическая безопасность.....	69
5.3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях	71
5.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	72
Заключение.....	76
Список используемых источников.....	77
Приложение А	80

Введение

Большое распространение приобрел пиролиз в ходе Первой Мировой Войны (1914-1918), тогда начался большой спрос на метилбензол, выступающий в роли сырья для взрывчатки.

Пиролиз создает современные вещества с уникальными свойствами и является важнейшим этапом нефтехимии.

Пиролиз – высокотемпературный термолиз газообразного, среднестиллятного и легкого углеводородного сырья, который проводится при низком давлении и малой продолжительности.

Важно понимать, что первоначальные вещества трансформируются в иные виды и классы химических соединений, и, следовательно, свойства первоначальных веществ принципиально различаются от свойств продуктов.

Важнейшей группой продуктов пиролиза являются так называемые олефины. Под этой терминологией понимают этилен и пропилен.

Производство низших олефинов является одной из наиболее динамично развивающихся отраслей нефтехимии. Этилен и пропилен являются основными промежуточными звеньями органического и нефтехимического синтеза, основой для крупносерийного производства полимерных материалов.

Впрочем, ключевой химической реакцией в процессе пиролиза является расщепление больших углеводородных цепей на маленькие, которые сопровождаются дегидрированием – говоря другими словами удалением водородных молекул с образованием двойных связей [1].

Объект исследования: процесс пиролиза бензиновых фракций.

Предмет исследования: влияния технологических параметров, состава сырья на процесс пиролиза.

Научная новизна: ВКР заключается в установлении кинетических закономерностей протекания процесса пиролиза.

Практическая значимость результатов ВКР: в определении оптимальных параметров процесса и выдаче рекомендаций для предприятия.

1. Литературный обзор

1.1 Модернизация конструкции печей пиролиза

За прошедшее время в конструкцию пиролизных печей и технологическую схему производства низших олефинов были внесены важные усовершенствования.

Введение закалочно-испарительных аппаратов в схему печных блоков позволило переработать тепловую энергию продуктов пиролиза с образованием пара высокого давления. При замене электроприводных компрессоров на компрессоры с паровой турбиной привело к понижению стоимости продуктов термического распада.

Полный переход от абсорбционной схемы разделения поглощенного газа продуктов реакции к низкотемпературному фракционированию привело к получению более низших олефинов с более высокой чистотой полимеризации.

Переходу на большие мощности способствовали все изменения в технологии производства низших олефинов.

Так в начале 1960-х годов мощность прогрессивных установок пиролиза составляла около 100-140 тыс. Тонн / год для этилена, то в настоящее время мощность достигает 1,0-1,4 млн. Тонн / год. Увеличение мощности отдельных установок этилена сопровождалось значительным снижением удельных затрат на сырье и энергию для производства.

Изначально установки были предназначены для получения этилена, но с увеличением мощностей установок пиролиза было принято решение использовать все газовые продукты в целях экономии, а так же для увеличения эффективности процесса из жидких продуктов получение бензола и других ценных компонентов[2].

1.2 Трубчатые печи

На этиленовых установках в трубчатых печах осуществляется пиролиз углеводородного сырья, имеющие разнообразные особенности конструктивного исполнения. Исконно пиролизные печи по конструкции были близки нагревательным печам нефтезаводских установок, отличительная особенность – температура на выходе из змеевика составляющая 720 – 760 оС.

Топливо перерабатывалось в факельных горелках. Температура бесконтрольно распределялась внутри печи факельными горелками, хоть пиролиз проводился при низких температурах, пережоги труб были довольно часто. Конструкция печи предполагала два котла, исполнение змеевика было спроектировано в виде настенного экрана, все это не создавало больших тепловых напряжений на поверхности труб вследствие скачкообразности теплопередачи: половина поверхности труб направлена к излучающим дымовым газам, а вторая половина – к отражающим, заэкранированным стенам.

Неравномерность нагрева змеевиков резко сократила продолжительность работы печи и не позволила повысить температуру пиролиза. При переходе на жидкое сырье, которое вызывающее намного сильное коксование змеевиков, появилось нужда в упорядоченном сжигание топлива в печи. В связи с этим были предъявлены щитовые горелки беспламенного горения.

Последующим этапом было расположение змеевика по середине топочной камеры на подвесках ("елках"), которые выгружаются через потолок печи и закрепляются на наружных балках. Дымовые газы из камеры сгорания идут вниз, нагревая сырье и пар разбавления в зоне конвекции.

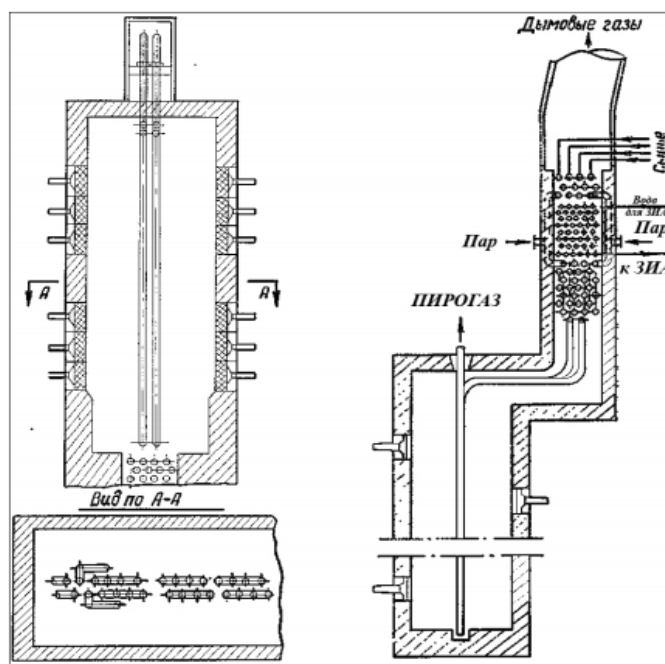
Вопреки тому, что в начале радиантного змеевика поток нагревается и эта область является характерным продолжением конвективного участка, время нахождения потока в области, где происходит разложение сырья (при температуре выше 600 ° С), очень велико и составляет 1,2-1,6 с.

В горизонтальных змеевиках время нахождения потока не менее 0,8 с. Как правило, это 1,0 – 1,2 с. Увеличение выхода этилена достигается за счет повышения температуры пиролиза и уменьшения времени реакции. Это приводит к увеличению температуры стенки змеевика, испусканию стенок и дымовых газов в камере сгорания.

Не защищенные от излучения и омывания топочными газами трубные подвески нагреваются до 1020 – 1060 оС вследствие этого начинают искореживаться. Использование жароустойчивых сталей – типа Х25Н20 и Х25Н35 полученных методом центробежного литья привело к проведению процесса при большой теплонапряженностью и уменьшению времени пребывания потока в змеевике.

Отказавшись от горизонтальных труб из-за хрупкости, отдали предпочтение вертикальным, которые свободно висят.

Появившиеся в середине 60–х годов XX века первые этиленовые установки были оснащены змеевиками вертикальными. Сделанная Гипрокаучуком, и печь SRT-I фирмы «Lummus» (рисунок 1.1) является именно таким примером.



Печь с вертикальным змеевиком (Гипрокаучук)

Печь фирмы «Lummus» типа SRT-I

Рисунок 1.1 – Печи пиролиза

Переход на высокотемпературный (830 – 850 °C) пиролиз привел к возникновению печей новой модификации с малым временем пребывания потока в змеевиках. Пришествие печей с маленьким временем пребыванием потока в змеевиках являлось трансформацией на высокотемпературный (830-850) пиролиз, название таких печей SRT («Short Residence Time»). Было обнаружено, что выполнение приводов компрессорных этиленовых установок экономически разумно делать наподобие паровых турбин, которые работают на паре высокого давления собственного производства, получаемом в ЗИА. В довольно узкой камере сгорания расположены в один ряд змеевики печи SRT-I, конвекционная зона расположена над ней. Для облегчения эксплуатации подвески трубные выставлены из облучаемой зоны в потолочный канал. Пиролиз проводится только при температуре до 850 °C так как змеевик эксплуатируется при такой температуре. Жидкое сырье пиролизуется при температуре около 830 °C, время пребывания составляет 0,75 с.

В данных печах пиролизуется не только бензиновая фракция, но и рецикловый этан.

Многие фирм создают печи со змеевиками («Selas», KTI) размещенными вертикально в два ряда. Сравнивая однорядным расположением змеевика данные печи наиболее компактны, за счет уменьшения длина на 20 – 30 %.

Но все же облучение змеевиков в этих печах больше. Исходя из этого размещение змеевиковых труб целесообразно с шагом больше (2,5 – 3,0 d), а вот размещение при однорядном шаг составляет 2d[2,3].

Расположение змеевиков в печи фирмы «Selas» представлено на рисунке 1.2.

У торцевых стен располагается вход в них.

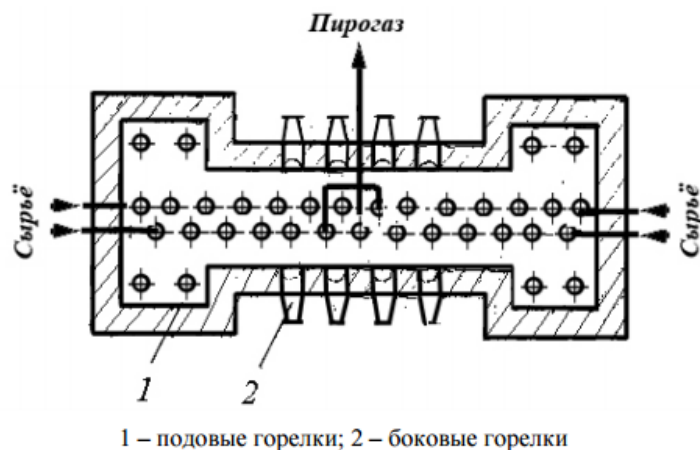


Рисунок 1.2 – Расположение змеевиков печи фирмы «Selas»

На один ЗИА подается выходящий пирогаз. Жидкое топливо сжигается в первых змеевиковых трубах, которые в процессе нагреваются подовыми горелками. Между трубами одной катушки расстояние $3d$, а между параллельными катушками $3.5 d$, диаметр таковых труб 89 мм.

Для этиленовых установок ВНИПИнефть конструкция змеевиков подобная при термическом распаде этана. Они изготовлены из труб диаметр которых 140×10 мм, шаг в плоскости змеевика равный $3,5d$, а вот между змеевиками $3d$.

Главные параметры для змеевика очень близки по соотношению – время пребывания сырья, нагрузка, диаметр, а так же температура стенки. Температура стенки увеличивается, если падает в зоне реакции время пребывания сырья.

Для его уменьшения необходимо увеличить удельную площадь поверхности змеевика, говоря другими словами поверхность на единицу объема. Это может быть достигнуто путем перехода на трубы малого диаметра или путем выполнения змеевика "ветвления".

Фирма «Kellog» произвела многопоточную печь «Millisecond», позволяющую проводить термическое разложение при температуре $900-930^{\circ}\text{C}$ и времени пребывания в трубах сырья составило $0,03-0,1$ с. Сырьё поступает с

паром через змеевики состоящих из прямых труб, которые соединены коллектором на входе[3,4].

На выходе два потока совмещены и подаются в ЗИА типа «труба в трубе». Потому как произвольный коллектор пирогаза очень прибавит время реакции, то только данная конструкция ЗИА и змеевиков для такой печи преимущественна. При температуре (≤ 650 °C) приостанавливаются вторичные реакции, время должно соответствует 0,1 от времени нахождения потока в змеевике и соответствует охлаждению пирогаза.

Схема печи «Millisecond» показана на рисунке 1.3.

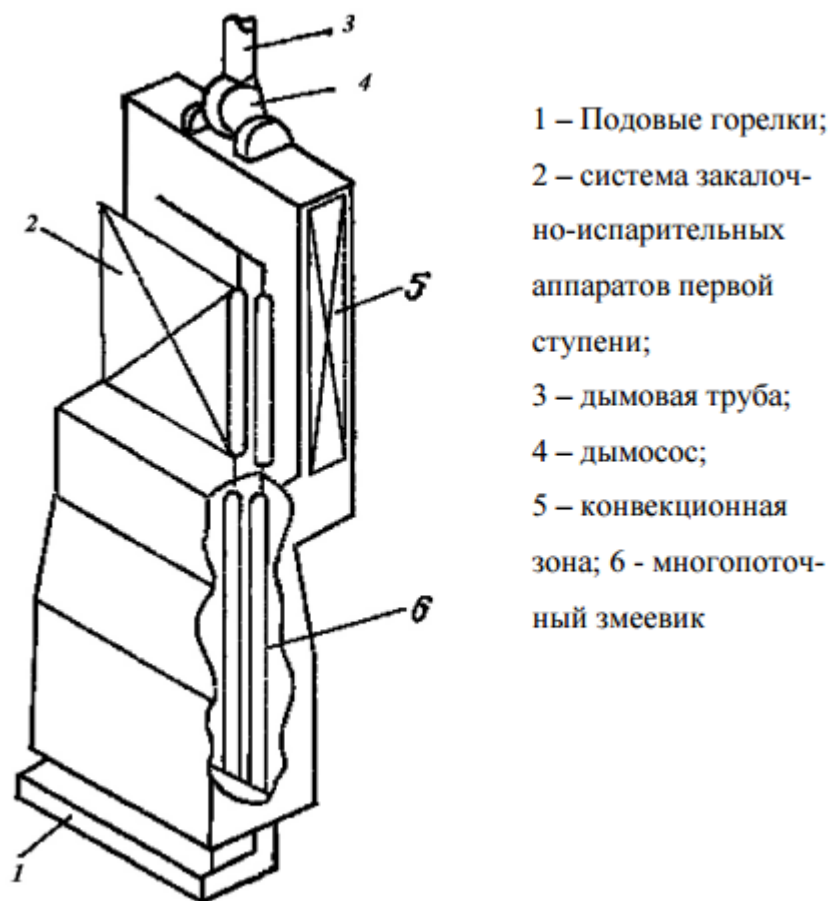


Рисунок 1.3 –Печь «Millisecond»

При идентичном выходе этилена в печи «Millisecond» достигается высокий выход пропилена (на 30%) и углеводородов C_4 (в 1,5 раза). При равных выходах C_3 и C_4 выход этилена возрастает приблизительно на 10%.

Подобные зависимости получены при термическом разложении газойлей. Производственный макет печи был включен в работу в 1972 – 1973 годах, до сих пор не было известий об использовании или конструировании этиленовых установок с подобными печами. Происходит быстрое закоксование аналогичных печей[4].

На прототипе печей SRT есть возможность изучить переход от змеевиков неизменного диаметра к разветвленным змеевикам. На рисунке 1.4 можно наблюдать развитие змеевиков печей типа SRT.

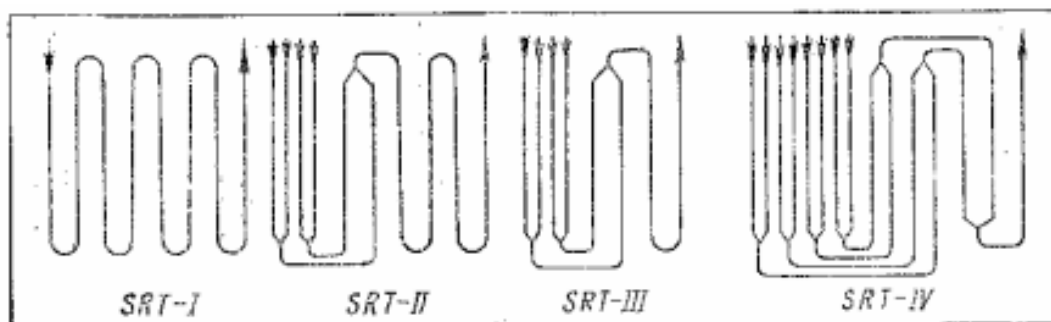


Рисунок 1.4 – Змеевики печей типа SRT

Входящий в печь змеевик SRT-II имеет в составе четыре трубы диаметром 85×8 мм, две трубы 114×9 мм и одну трубу $159 \times 9,5$ мм. Из четырех труб минимального диаметра соединяются в две трубы среднего диаметра, а те, в свою очередь, в одну трубу большего диаметра. Конечная труба обладает четырьмя витками. Такая конструкция обеспечивает небольшое повышение сопротивления змеевика при коксовании и надежное обжигание кокса из него. Время реакции 0,5 с. Один змеевик гарантирует нагрузку 5,5 т/ч. Из-за маленькой длины труб большого диаметра змеевик печи SRT-III меньше змеевика печи SRT-II. Уменьшенный змеевик не имеет возможности создать подобную нагрузку по сырью и его конверсию, соответственно трубы стоят меньшего диаметра в нем. Увеличение избирательности обеспечивается с помощью низкого времени пребывания (0,4 с) и малого парциального давления углеводородов и большой температуре термического распада. Видоизменение змеевика SRT-IV складывается из труб четырех диаметров. Если сравнивать с

печью SRT-III, то она существенно не сокращает время реакции (0,35 с), но при подобной нагрузке обладает значительно большей поверхностью на единицу объема змеевика, что гарантирует выполнение наиболее большой температуры при постоянной температуре стенки [4]. Выходы основных продуктов термического распада в змеевиках печи SRT различных видов приведены в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Выходы основных продуктов пиролиза в змеевиках печи SRT

Продукт	Выход в змеевиках печи, %			
	SRT-I	SRT-II	SRT-III	SRT-IV
Метан	16,3	16,0	18,2	17,8
Этилен	25,2	26,7	28,4	28,6
Пропилен	14,0	14,4	13,2	13,3
Бутин	3,0	3,7	4,0	4,2
Бутен	6,7	4,4	3,8	3,7

При увеличении температуры термического распада до 850 ° с и уменьшении времени реакции до 0,4 с. и ниже, температура дымовых газов на выходе из камеры сгорания превышает 1050 ° С. Дымовой газ имеет так много жару, что пользование зоны конвекции оказывается недействительной. Для устранения жары дымового газа, секция перегрева пара дополнена к зоне конвекции. Повышение теплового КПД пиролизной печи обусловлено главным образом снижением температуры дымового газа перед его выбросом в атмосферу. КПД печи может достигать 93 - 94% при температуре 100–120 °С. При данной температуре нет нужного разрежения дымовой трубы за счет естественной тяги, конвективной секция становится больше в размерах только за счет добавочных зон. В данном обстоятельстве используют дымососы. Они образуют нужное для нормального горения топлива, и позволяют уменьшить

размеры конвективной зоны за счет увеличения скорости дымовых газов. Это увеличивает коэффициент теплопередачи от дыма к трубам, а именно, определяет интенсивность теплопередачи [5].

1.3 Щелочная очистка пирогаза

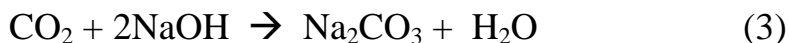
Перед разделением пирогаза на индивидуальные углеводороды и фракции обязательно производится очистка его от сернистых соединений и двуокиси углерода, которые являются каталитическими ядами.

Удаление двуокиси углерода и серосодержащих соединений из пирогаза осуществляется путем щелочной очистки на стадии его компримирования.

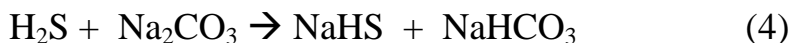
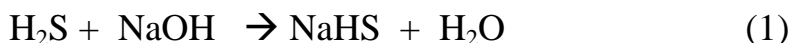
Для щелочной очистки используется (4–20) % раствор едкого натра.

При обработке пирогаза щелочью протекают следующие реакции:

– при избытке свободной щелочи ($\text{pH} > 13$)



– при отсутствии свободной щелочи или малом ее содержании ($\text{pH} < 12$)



Реакции (2, 3, 6) практически необратимы при умеренных температурах (40–60) °С. Реакции (1, 4, 5, 7) обратимы и поэтому необходимо соблюдать определенное соотношение между концентрацией щелочи в циркулирующем растворе и количеством, подаваемым на очистку пирогаза. При этом степень

отработки щелочи должна быть (80–90) % при одновременном присутствии свободной щелочи в отработанном растворе.

Реакция (6) проходит не полностью. В дальнейшем пропилен полимеризационной чистоты нуждается в дополнительной очистки от COS[6].

1.4 Осушка на цеолитах

Процесс разделения пирогаза на фракции и компоненты производится при низких температурах, для чего необходимо проведения его осушки. При конденсационных схемах разделения пирогаза степень осушки должна соответствовать точке росы $[(-70) - (-65)]$ °C.

Осушка углеводородных фракций от влаги происходит в результате процессов адсорбции молекул воды в микропорах цеолитов. Адсорбция воды на цеолитах происходит с выделением тепла. Теплота адсорбции воды на цеолитах равна 4190 кДж/кг воды[6].

1.5 Декоксование змеевиков и ЗИА печей пиролиза

В процессе пиролиза сырья на внутренних поверхностях радиантного змеевика и трубок ЗИА откладывается слой кокса, что приводит к повышению температуры пирогаза после ЗИА, потере целевых компонентов из-за недостаточного снижения скорости вторичных реакций в процессе закалки. Закоксование пиролизного змеевика приводит к снижению производительности печи, затрудняет теплопередачу через стенки труб, что ведет к перегреву стенок. Отложение кокса способствует ускорению науглероживания, коррозии и износа материала труб змеевиков и, в конечном итоге, снижает срок их службы. Чем выше температура пиролиза и чем больше объем перерабатываемого сырья, тем в большем количестве образуется кокс.

Поэтому печи пиролиза периодически останавливают и, без остановки технологического процесса, проводят паровоздушный выжиг кокса из пиролизных змеевиков печей пиролиза и ЗИА.

Продолжительность выжига кокса зависит от многих факторов: вида сырья, температуры пиролиза, длительности пробега печи, соотношения пар: сырье и т.д.

Выжиг кокса из пиролизных змеевиков через ЗИА производится на 4-х потоках одновременно.

В процессе проведения декоксования внимательно наблюдать за передвижением фронта сгорания углерода.

По окончании выжига кокса из змеевиков начинается этап выжига кокса из закалочно-испарительных аппаратов. Процесс выжига кокса из ЗИА осуществляется по завершению декоксования змеевиков печи.

Окончание процесса декоксования ЗИА, также, устанавливается по достижении содержания массовой доли CO_2 в газах выжига не более 0,1 % [6,7].

1.6 Параметры и условия проведения процесса

Наиболее важными параметрами, влияющими на процесс термического распада являются температура, время пребывания в реакционном змеевике и парциальное давление углеводородов.

Исходя из результатов термодинамических расчетов, термический распад углеводородов для изготовления низших олефинов разумно проводить при достаточно высоких температурах, значения которых больше 600-700 °C и для изготовления этилена требуется наиболее высокая температура, чем для преобладающего производства пропилена.

Максимальный грань температуры процесса формирует возможностью проведения его без большого образования ацетилена. Выяснено, что пиролиз нужно проводить при маленьком давлении, приближенному к атмосферному и при необходимом разбавлении водяным паром сырья.

Процесс термического распада протекает с поглощением тепла.

Теплота реакции термического распада составляет:

– для бензиновых фракций – (1131,3–1257) кДж/кг на пропущенное сырье;

От физико-химических свойств первоначально сырья – углеводородных фракций или индивидуальных углеводородов зависит какой состав будет у пиролиза, он устанавливается зависимостью скоростей реакции при определенных условиях проведения процесса.

При термическом распаде жидких углеводородных смесей разнообразного фракционного состава выходы главных целевых продуктов – этилена и пропилена – понижается с повышением плотности и средней температуры кипения начальной фракции (при прочих равных условиях). Временя контакта, парциальное давление и температура являются главными критериями, влияющими на состав пирогаза, который образуется при термическом распаде смеси бензинов[8,9].

1.6.1 Температура процесса

В промышленности для процесса пиролиза наиболее распространенным сырьем является прямой бензин.

На рисунке 1.5 представлен выходы главных продуктов пиролиза широкой фракции (35 – 180 °C) прямогонного бензина при разнообразных температурах, но стабильных значений давления, времени пребывания сырья в реакционном змеевике и разжижении сырья водяным паром (приближение реактора к изотермическому).

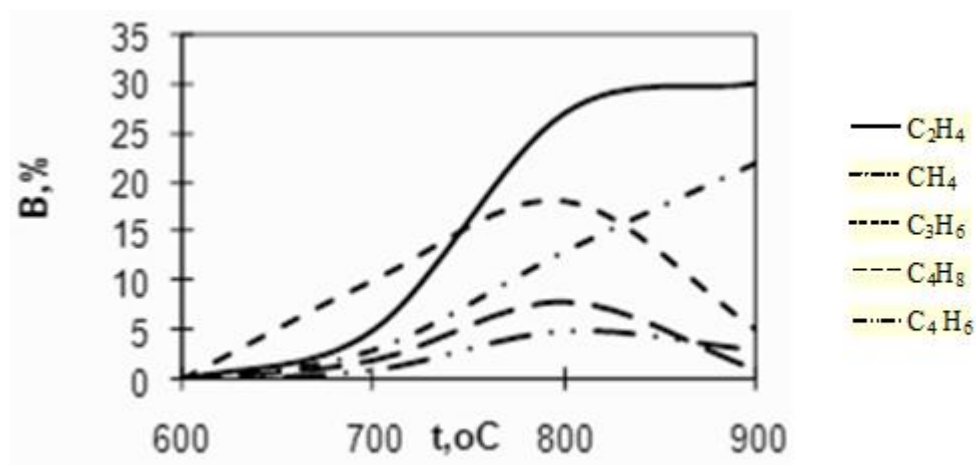


Рисунок 1.5 – Графическая зависимость выхода прямогонного бензина от температуры

Температура начала термического разложения бензина составляет около 600 °С, образование газообразных продуктов замечено при больших скоростях и температуре более 630°С.

Возрастание скорости первичных реакций является следствием повышения температуры в итоге образуются олефины.

По длине реактора температура исходного сырья не одинакова, при промышленном пиролизе на выходе из него она достигает максимума.

Профиль размещения температур взаимодействующих продуктов по длине реакционного змеевика проявляет большое влияние. На рисунке 1.6 изображены температуры кривых по протяженности змеевика. Все три типа профилей объединены одной точкой в начале реакции.

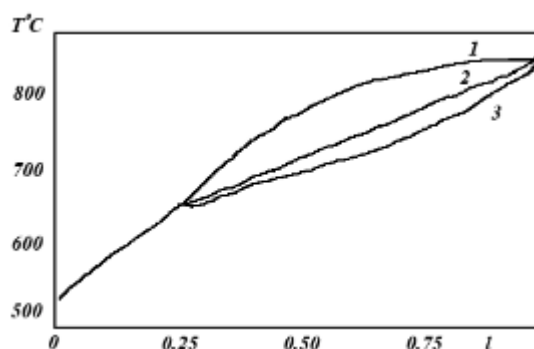


Рисунок 1.6 – Профиль температур по длине реактора пиролиза

1 – выпуклый; 2 – прямолинейный; 3 – вогнутый

Увеличение жесткости пиролиза, приводит к возрастанию выходов этилена – выпуклая форма профиля, а вогнутая – увеличение выходов высокомолекулярных олефинов - пропилена, бутенов, а также бутадиена–1,3; выход этилена ниже, чем в случае выпуклого профиля. С увеличением «выпуклости» температурной кривой возрастает выходы ароматических углеводородов.

1.6.2 Время пребывания сырья в реакционном змеевике

Под временем пребывания подразумевается период времени, в процессе которого поток реагирующих веществ пребывает в реакционном змеевике при таких действиях, когда протекающая реакция пиролиза с определенной скоростью.

Выход водорода и метана становится намного больше с увеличением температуры и времени пребывания сырья в реакционном змеевике.

При высокой температуре, оптимальное время становится меньше, что обуславливает наивысший выход[8,9].

Чтобы получались как можно большие выходы целевых продуктов, в том числе этилена, способствует увеличение температуры термического распада с одновременным сокращением времени пребывания.

1.6.3 Парциальное давление углеводородов

Парциальное давление углеводородов в реакционном потоке оказывает огромное влияние на селективность пиролизного процесса.

При разбавлении исходного сырья водяным паром увеличивается выход этилена за счет снижения парциального давления углеводородов, но уменьшается выход метана и ароматических углеводородов, т. е. увеличивается избирательность пиролиза по этилену.

Разбавление сырья водяным паром снижает степень образования кокса в змеевике реактора, увеличивается продолжительность его пробега перед очисткой труб от кокса (сжигание кокса).

Добавление водяного пара понижает скорость осаждения кокса на внутреннюю поверхность пиролизных трубок, скорость роста перепада давления и температуры поверхности труб уменьшается во время работы, а продолжительность ее перед очисткой труб от кокса (сжигание кокса) становится больше.

Путем разбавления исходного сырья паром можно повысить твердость пиролиза, а так же увеличить выход этилена без снижения избирательности процесса.

1.6.4 Природа исходного сырья

Содержание олефинов и ароматических углеводородов ограничено при подборе сырья для пиролизных установок[6,9].

Применение прямогонного бензина и бензина-рафината с малым содержанием ароматических углеводородов гарантирует максимальные выходы этилена и пропилена, выход смол не превышает 4.2-4.4% приведены в таблице 1.2.

Таблица 1.2 - Характеристика бензинов

Прямогонный бензин (фракция 62-180 °С) с содержанием:	
Ароматических УВ	7–10 % вес.
Нафтенowych УВ	20–25 % вес.
Парафиновых УВ	65–75 % вес.
Изопарафиновых УВ	до 37 % вес.
Серы	до 0,12 % вес.
Плотность d_4^{20} , кг/м ³	0,72–0,73
Бензин-рафинат (фракция 62-140 °С) с содержанием:	
Ароматических УВ	2–6 % вес.
Нафтенowych УВ	3–7 % вес.
Парафиновых УВ	84–95 % вес.
Изопарафиновых УВ	до 56 % вес.

Продолжение таблицы 1.2

Непредельных УВ	до 0,5 % вес.
Серы	0,001 % вес.
Плотность d_4^{20} , кг/м ³	0,65–0,68

Сырье пиролиза:

Смесь прямогонного бензина и бензина–рафината.

Содержание бензина-рафината в сырье,

подаваемом на пиролиз, составляет

25% вес.

Давление на границе поставки

0,88 МПа (9 ати)

Максимальное давление

1,18 МПа (12,0 ати)

Температура на границе поставки

100–120 °С

На расчетном режиме

110 °С

Таблица 1.3 Характеристика широкой фракции легких углеводородов[6]

Фракция широкая легких углеводородов (ШФЛУ)	А	Б	С	Д	Е
Массовая доля компонентов, %					
– сумма углеводородов C ₁ -C ₂ , не более	3	5	Не нормируется		
В том числе:	Не нормируется		1,0	1,0	1,0
– метан, не более			7,0	16,0	30,0
–этан, не более					
– пропан, не менее	15	-	15	15	15
– сумма углеводородов C ₄ ÷C ₅ , не менее	45	40	45,0	40,0	40,0
в том числе:	Не нормируется				
– сумма углеводородов C ₄	Определение обязательно				
– сумма углеводородов C ₅	Не нормируется				
	Определение обязательно				
– сумма углеводородов C ₆ и выше, не более	15	30	15,0	15,0	15,0
2 Массовая доля сероводорода и меркаптановой серы, %, не более	0,02 5	0,05	0,02 5	0,025	0,025
в том числе: сероводорода	0,00 3	0,00 3	0,00 3	0,003	0,003
3 Содержание свободной воды и щелочи	отсутствует (определение обязательно)				
4 Внешний вид	бесцветная прозрачная жидкость				
5 Плотность при 20 °С, кг/м ³	не нормируется				
6 Массовая доля CH ₃ OH*, %, не более (по требованию потребителя)	0,15				

1.7 Характеристика продукции

1.7.1 Этилен (C_2H_4 или $H_2C=CH_2$)

Вырабатываемый этилен, получаемый пиролизом углеводородного сырья, приготовленный для получения полиэтилена, поливинилхлорида, окиси этилена, этилового спирта, этилбензола, уксусного альдегида и других продуктов органического синтеза, а также для холодильных установок[6].

Продукт готовый к реализации обязан соответствовать требованиям и нормам ГОСТ 25070–2013, указанным в таблице 1.4.

Таблица 1.4 – Нормы товарного этилена

Наименование показателей	Норма
1	2
1 Объемная доля этилена (C_2H_4), %, не менее	99,9
2 Объемная доля пропилена (C_3H_6), %, не более	0,005
3 Объемная доля метана (CH_4) и этана (C_2H_6), %, не более	0,1
4 Объемная доля ацетилен (C_2H_2), %, не более	0,001
5 Объемная доля диеновых углеводородов (пропадиена и бутадиена), %, не более	0,0005
6 Объемная доля диоксида углерода (CO_2), %, не более	0,001
7 Объемная доля оксида углерода (CO), %, не более	0,0005
8 Объемная доля метанола(CH_3OH), %, не более	0,001
9 Объемная доля кислорода(O_2) в продукте, поставляемом по трубопроводу, %, не более	0,0002
10 Массовая концентрация сернистых соединений в пересчете на серу, mg/m^3 , не более	1
11 Массовая доля воды(H_2O), %, не более	
- в продукте, поставляемом по трубопроводу	0,001
- в продукте, поставляемом в цистернах и баллонах	0,02
12 Объемная доля аммиака (NH_3), %, не более	0,0001

Этилен – бесцветный горючий газ, способный к взрывному разложению при повышенном давлении, высокой температуре или воздействии открытого огня в присутствии кислорода.

Параметры этилена приведены в таблице 1.5

Таблица 1.5 параметры этилена

Молекулярная масса	– 28,05
Температура самовоспламенения, °С	– 427
Температура кипения, °С	– 427
Плотность газа по воздуху, кг/м ³	– 0,974
Теплота сгорания, кДж/моль	– 1318

Хорошая растворимость в эфире, но плохая в воде.

1.7.2 Пропилен (C_3H_6 или $CH_3-CH=CH_2$)

Пропилен, полученный из пиролизного газа имеет применение для производства полипропилена, окиси пропилена, изопропилбензола, масляных альдегидов и бутиловых спиртов, изопропилового спирта, акрилонитрила, глицерина и иных продуктов нефтехимического синтеза. По физико–химическим параметрам пропилен обязан отвечать требованиям и нормам ГОСТ 25043–2013, указанным в таблице 6.

Таблица 1.6 – Нормы товарного пропилена

Наименование показателей	Норма	
	Высший сорт	Первый сорт
1	2	3
1 Объемная доля пропилена (C_3H_6), %, не менее	99,8	99,0
2 Объемная доля этилена (C_2H_4), %, не более	0,005	0,01
3 Объемная доля ацетилена (C_2H_2) и метилацетилена (C_2H_4), %, не более	0,001	0,005
4 Объемная доля углеводородов C_4 , %, не более	0,002	0,05
5 Объемная доля диеновых углеводородов (пропадиена и бутадиена), %, не более	0,001	0,015
6 Объемная доля этана (C_2H_6) и пропана (C_3H_8), %, не более	0,2	0,7
7 Массовая концентрация серы, мг/м ³ , не более	1	3

Продолжение таблицы 1.6

8 Массовая доля воды (H ₂ O), %, не более: – в продукте, поставляемом по трубопроводу – в продукте, поставляемом в цистернах и баллонах	0,0005 0,02	Не нормируется не нормируется
9 Содержание свободной воды (H ₂ O)	отсутстви е	отсутствие

Примечание – Для пропилена высшего сорта, предназначенного для производства полипропилена, норма по показателю 3 должна быть не более 0,0005 %.

Пропилен – бесцветный горючий газ.

Параметры пропилена приведены в таблице 1.7

Таблица 1.7 параметры пропилена

Молекулярная масса	– 42,08
Температура самовоспламенения, °С	– 410
Температура кипения, °С	– минус 47,7
Плотность газа по воздуху, кг/м ³	– 1,45
Плотность газа по воздуху, кг/м ³ при 20 °С, кг/м ³	– 609 – 514,8
Теплота сгорания, кДж/моль	– 1919

Растворим в воде незначительно.

1.7.3 Смола пиролизная тяжелая

Смола пиролизная тяжелая получается в качестве побочного продукта на этиленовых установках при пиролизе углеводородных газов, бензинов или их смесей.

Смола предназначена для использования в качестве компонента сырья в производстве технического углерода, кокса, темных нефтеполимерных смол, суперпластификаторов бетонов. В качестве компонента котельного топлива, а также поставки на экспорт.

По физико-химическим параметрам тяжелая пиролизная смола обязана отвечать требованиям и нормам ТУ 2451-183-72042240–2013.

Таблица 1.8 - Физико-химические показатели качества смолы пиролизной тяжелой

Наименование показателя	Норма для марки	
	А	Б
1 Плотность при 20 °С, г/см ³ , не менее	1,04	1,03
2 Вязкость кинематическая при 50 °С, мм ² /с, не более	25	40
3 Температура отгона 3 %-ного объема, °С, не ниже	180	170
4 Коксуемость, %, не более	12,0	16,0
5 Массовая доля воды, %, не более	0,3	0,5
6 Массовая доля механических примесей, %, не более	0,01	0,01
7 Индекс корреляции, не менее	125	120
8 Массовая доля ионов натрия, %, не более	0,005	0,01
9 Массовая доля ионов калия, %, не более	0,0005	0,001

Тяжелая пиролизная смола представляет собой вязкую жидкость со специфическим запахом, содержащую в основном бициклические, в том числе нафталина и метилнафталина (1,2 изомеров) не менее 15 %, и полициклические ароматические углеводороды[6].

2. Объекты и методы исследования

2.1 Общая характеристика производства

Новейшее производство этилена содержит следующие узлы: пиролиз, первичное фракционирование и разделения продуктов пиролиза, компримирование, осушка, глубокое охлаждение пирогаза и газоразделение.

Узел пиролиза имеет состав из некоторого количества печей пиролиза.

Общие годовые мощности по этилену всех печей, исключая печи в резерве (регенерации), обуславливают мощность всей установки пиролиза.

На выходе из ЗИА продукты пиролиза проходящие вторичную закалку посредством прямого взбрызгивания смолы пиролиза (так называемое закалочное масло) до температур не выше 200 °С.

Из структуры фракционирующих колонн и отстойников заключается **узел первичного фракционирования и разделения продуктов пиролиза**.

В конечном итоге, продукты термического распада делятся на технологическую воду, на тяжелую смолу (температура начала кипения ~ 200 °С), на легкую смолу (пиробензин), на предварительно облегченный пирогаз (у/в C₁-C₄ с содержанием УВ C₅-C₈).

Следом легкий пирогаз подается на узел компримирования, который имеет состав многоступенчатого компрессора. Промеж стадий компрессии спроектированы теплообменники и сепараторы для охлаждения сжатого пирогаза и его разделения с добавочным выделением влаги и пироконденсата. Сжатие до давлений 3,7 – 3,8 МПа происходит на данной для увеличения температур кипения отделяемых продуктов. Также между стадий компримирования учтен узел очистки пирогаза от кислых газов (CO₂ H₂S), который имел вид насадочной колонны, происходящие в ней хемосорбция кислых газов раствором NaOH.

Сжатый пирогаз подается на **узел осушки** – в адсорберы которые забиты молекулярными ситами, где вся вода удаляется.

На узле **глубокого охлаждения** пирогаза осуществляется поэтапное охлаждение пирогаза до температуры минус 165 °С. В данных условиях фактически только водород пребывает в газообразном состоянии.

После этого охлажденный пирогаз (в жидком состоянии, без водорода) параллельно и последовательно движется через четыре ректификационные колонны, в которых выделяется метана, этан-этиленовой (ЭЭФ), пропан-пропиленовой (ППФ), C₄ фракции и пиробензина.

ЭЭФ и ППФ проходят гидроочистку от ацетиленистых углеводородов (и пропандиена в ППФ) и далее ректификацией извлекается этилен и пропилен. Оставшийся этан и пропан применяются как рецикловое пиролизное сырье. Пиролизная C₄ фракция применяется для выделения экстрактивной дистиляции дивинила и бутиленов.

Пиролизная смола, получившаяся на этапе первичного фракционирования, применяется для получения технического углерода.

На этиленовых установках имеющих большой объем (от 250 тыс. т/год и выше) легкие смолы (пиробензин) перерабатываются с выделением УВ C₅, БТК фракции (ароматические углеводороды C₆-C₈) и фракции C₉. БТК фракция, состоит на 90 % масс. из ароматических углеводородов, применяется для получения бензола термическим или каталитическим гидродеалкилированием или для удаления бензола, толуола и ксилола экстракцией и экстрактивной дистиляцией. Из УВ C₅ далее получают изопрен, циклопентадиен (дициклопентадиен в товарной форме), пипирилены. Фракция C₉ нашла применение для получения нефтеполимерных смол.

В основу производства этилена и пропилена на производстве заложен высокотемпературный пиролиз бензинов и рецикловой этановой фракции с получением пиролизного газа широкого состава. Изъятие этилена и пропилена, сопутствующих продуктов (водородной фракции, метановой фракции, бутилен-бутадиеновой фракции, пропановой фракции, фракции углеводородов C₅, пиролизного конденсата) из пирогаза с использованием методов низкотемпературной, средне- и высокотемпературной ректификации.

Основной продукт – полиэтилен – синтетический полимер, продукт полимеризации этилена. Прочный, эластичный, хороший диэлектрик, устойчив к большинству химических реагентов и радиоактивных излучений. Используется в производстве прозрачных и полупрозрачных пленок, извлекаемых из расплава полиэтилена методом экструзии, труб, емкостей, технических волокон, для изоляции кабелей[6,10].

2.2 Описание технологического процесса

2.2.1 Пиролиз углеводородного сырья с одновременным получением пирогаза и насыщенного пара высокого давления

Сырьем пиролиза печей пиролиза бензина (ПБФ) являются:

- смесь прямогонного бензина с бензином–рафинатом;
- бензиновые фракции газоконденсатных месторождений;
- сжиженные углеводородные газы (далее по тексту – СУГ): широкая фракция легких углеводородов (далее по тексту – ШФЛУ), пропан-бутановая фракция (далее по тексту – ПБФ);
- фракция пропановая;
- рецикловый пропан с установки КиРП;
- фракция углеводородов C_5 собственного производства.

Перед включением в работу печи пиролиза на СУГ, проводится предварительный термический пиролиз бензина в течение (24–320) часов при температуре (825–830) °С с целью образования «аморфного» кокса на поверхности змеевиков для дезактивации каталитически активных металлических центров никеля и железа, находящихся на внутренней стенке змеевиков. Это позволяет снизить образование оксидов углерода и увеличить межрегенерационный пробег печи пиролиза.

Имеется девять печей пиролиза бензина (ПБФ, ШФЛУ) и две печи пиролиза этана.

На максимальной мощности одновременно должны работать шесть печей пиролиза (СУГ) и одна печь пиролиза этана, оставшиеся печи пиролиза в резерве или ремонте[6].

2.2.2 Печь пиролиза бензина, СУГ

Печь рассчитана для пиролиза смеси прямогонного бензина и бензина-рафината при температуре до 850⁰С.

За расчетный режим пиролиза, при котором рассчитываются все показатели, принимается следующий:

–температура на выходе, ⁰ С	830
–содержание водяного пара, % вес. от сырья	50
–производительность, т сырья в час	20
–среднее время пребывания в радиантном змеевике t_c , сек	0,46
–фактическое время пребывания в радиантном змеевике $t_{ф}$, сек	0,505
–продолжительность пробега печи между выжигами кокса в днях	45

t_c - определяется как отношение объема змеевика к средней величине объема продукции между объемом на входе в змеевик и объемом на выходе из змеевика.

$t_{ф}$ – определяется по кинетическому уравнению разложения для данной конструкции змеевика.

Печь пиролиза состоит из камеры конвекции, камеры радиации и дымоход.

Камера конвекции печи пиролиза применяется для испарения сырья, подогрева паросырьевой смеси и питательной воды, а также перегрева пара высокого давления вследствие применения тепла дымовых газов и включает в себя 6 секций:

- 1-ая секция - нагрев сырья в четырехпоточных змеевиках.
- 2-ая секция - верхний нагрев питательной воды в однопоточном змеевике.

– 3-ая секция - перегреватель пара высокого давления, включающий в себя двухпоточные змеевики;

– 4-ая секция - нижний нагрев питательной воды в однопоточном змеевике.

– 5-ая секция - верхний нагрев паросырьевой смеси в четырехпоточных змеевиках.

– 6-ая секция - нижней нагрев паросырьевой смеси в четырехпоточных змеевиках.

Змеевики 2-ой и 4-ой секций составляют экономайзер (ЭКО) печи пиролиза, используемый для подогрева питательной воды.

Камера радиации используется для проведения процесса пиролиза в трубчатых змеевиках и оборудована 150 панельными горелками типа НІТ-230 мощностью 282 кВт представлены в таблице 2.1 (по 70 штук с внутренней и 80 штук с внешней сторон печи), позволяющими вести двусторонний нагрев радиантных секций.

Таблица 2.1– Характеристика горелки НІТ 230

Показатели	Минимальные	Номинальные	Максимальные
1 Мощность, (кВт)	140,7	282,6	353,5
2 Расход, (м ³ /ч)	14,1	28,3	35,44
3 Давление газа перед горелкой, (кгс/см ²)	0,2	0,87	1,33

В камера радиации состоит из 4 самостоятельных радиантных 4-х поточных змеевика, вертикально расположенные в одной плоскости. Смесь сырья с паром входит в каждую радиантную секцию четырьмя потоками в трубы диаметром 89х7,1 мм, объединяемые в два потока из труб диаметром 114х7,1 мм, а те в свою очередь объединяются в один поток из труб диаметром 159х10,8 мм. Потоки двух радиантных секций на выходе из печи объединяются для входа в один ЗИА. Таким образом из печи пиролиза выходит два потока пирогаза.

Общая поверхность теплообмена камеры радиации составляет $F=176 \text{ м}^2$.

Бензин – сырье предварительно подогретый в теплообменнике Т-2/1-2 до температуры $(30-100) ^\circ\text{C}$, и ПБФ (ШФЛУ), другие сжиженные углеводородные газы) подогревая в теплообменнике Т-2/3 до температуры $(10-40) ^\circ\text{C}$, направляются в коллектор распределения бензина и ПБФ, печей пиролиза с давлением $(0,9-1,2) \text{ МПа}$.

Сырье в печь пиролиза поступает четырьмя потоками «А», «В», «С» и «D» в 1-ю секцию камеры конвекции. Расход сырья на каждый поток $(3500-5000) \text{ кг/ч}$ регулируется регулирующими клапанами поз.11FIRC 03A, B, C, D. По потокам «А», «В», «D» осуществляется регулировка расхода сырья в зависимости от температуры пирогаза перед закалочно-испарительными аппаратами (далее по тексту - ЗИА) $(780-850) ^\circ\text{C}$ поз.11TIRCA 61A, B, D. Поток «С» считается «пилотным» и регулирование температуры по нему осуществляется регулирующим клапаном поз.11PIRCSA 33A,B, на трубопроводе топливного газа к горелкам печей пиролиза.

После регулирующего клапана сырья имеет давление на каждом потоке $(0,3-0,75) \text{ МПа}$.

Для понижения парциального давления сырья вводится пар разбавления (далее по тексту - пар П8).

Пар П8 поступает в каждый поток сырья после 1-ой секции камеры конвекции печи пиролиза через распределительный коллектор пара П8. Давление пара П8 $(0,60-1,32) \text{ МПа}$. Расход пара П8 на поток $(2100-3500) \text{ кг/ч}$ регулируется клапанами регуляторов расхода поз.11FIRC 01A, B, C, D.

Процесс пиролиза в трубчатых змеевиках возникает в камере радиации.

Образовавшийся пирогаз двумя потоками с температурой $(780-850) ^\circ\text{C}$ поз.11TIRCA 61A, B, C, D и давлением на выходе из печи пиролиза не более $0,23 \text{ МПа}$ поз.11PIRA 35A,B поступает в трубное пространство ЗИА, работающих параллельно, охлаждаясь до температуры $(320-450) ^\circ\text{C}$ поз. TIRA 69A, B за счет испарения питательной воды в межтрубном пространстве ЗИА.

Стремительное охлаждение пирогаза нужно для ликвидации вторичных реакций, которые ведут к потере выхода главных компонентов[6].

2.3 Схема установки пиролиза бензина

На рисунке – 2.1 показана технологическая схема установки пиролиза бензина.

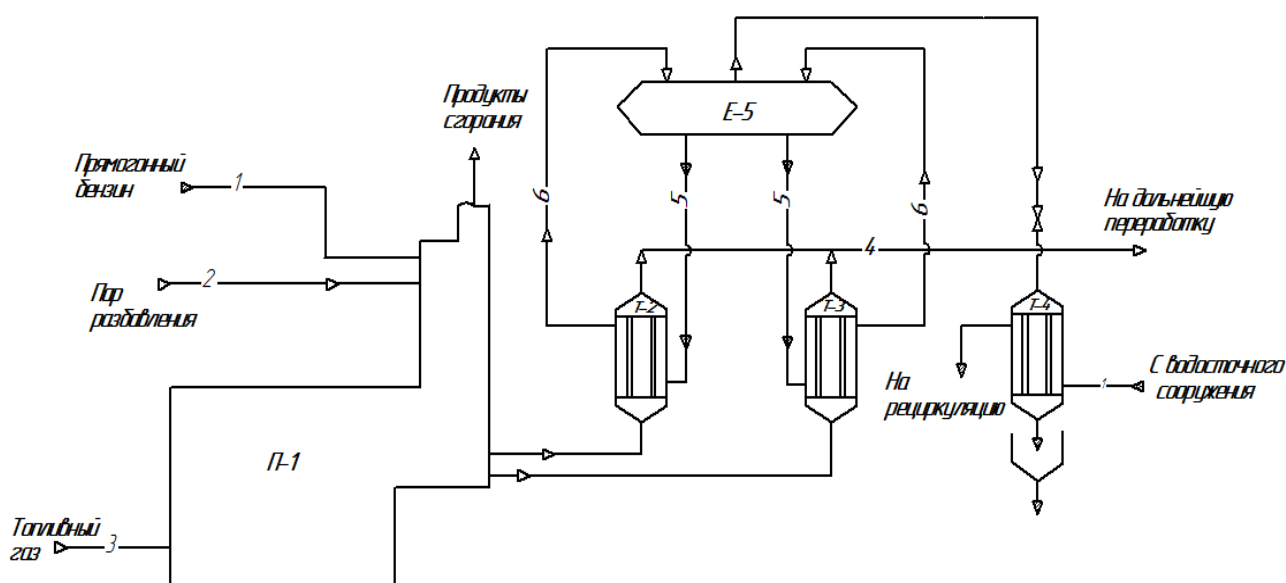


Рисунок – 2.1 Схема установки пиролиза бензина

П-1 – печь пиролиза; Т-2,Т-3 – ЗИА; Т-4 – теплообменник; Е-5 – отделительный барабон пара высокого давления

1– прямогонный бензин; 2 – пар разбавления; 3 – топливный газ; 4 – пирогаз; 5 – питательная вода; 6 – насыщенный пар; 7 – дымовые газы конденсата.

Бензин 1 подают под давлением 1,0 – 1,2 МПа в трубы конвекционной части печи П-1, там он подогревается дымовыми газами и смешивается с водяным паром 2 в соотношении 1:0,5. Эта смесь, нагретая до 630 °С, поступает в трубы радиантной части змеевика печи П-1, где нагревается до температуры 850 °С беспламенными панельными горелками. Реакционную смесь (пирогаз 4) выводят из печи при температуре 830 – 850 °С и во избежание полимеризации

непредельных углеводородов быстро охлаждают в ЗИА Т-2 и Т-3 до температуры 420 – 450 °С. Охлажденный пирогаз отправляют на дальнейшую переработку. [6,11]

2.4 Методы исследования

Фракционным, групповым углеводородным и компонентным составом можно описать жидкое углеводородное сырье.

Бензиновая фракция включает до 200 компонентов, долю из которых редко удастся распознать из-за их минимальной концентрации (метод газожидкостной хроматографии). Примерно 95% присутствующих в бензине компонентов удастся распознать. На их часть приходится 40-60 индивидуальных веществ.

При извлечении этилена из пирогаза выставляют высокие требования к его чистоте. Содержание ацетиленов в продуктивном этилене, идущем на полимеризацию, не должно превышать 10 ppm.

При выделении пропилена из пирогаза предъявляемые требования к чистоте пропилена, идущему на полимеризацию: содержание ацетиленовых в продуктивном пропилене не должно превышать 5 ppm, а диеновых углеводородов (бутадиена и пропандиена) не более 10 ppm.

2.4.1 Метод измерения фракционного состава

Определение фракционного состава бензина определяется по ГОСТ 2177-99 Нефтепродукты. Методы определения фракционного состава.

Суть метода состоит в перегонке 100см³ проверяемого образца при условиях, соответствующих природе продукта (указанными в ГОСТ 2177-99 Нефтепродукты. Методы определения фракционного состава) и выполнении непрерывных наблюдений за показаниями термометра и объемами конденсата.

Порядок выполнения измерения

Включить прибор РАС OptiDist, заполнить мерный цилиндр проверяемым образцом и перелить его в колбу для разгонки. Далее поставить колбу и цилиндр в соответствующие отделы, внести название проверяемого образца и запустить анализ со встроенного компьютера. После проведения испытания снять показания с экрана прибора, убрать колбу и цилиндр из прибора РАС OptiDist и выключить его[12].

2.4.2 Метод измерения группового углеводородного состава

Определение группового состава бензина выполняется газохроматографическим методом по МИ № 106-2010 Бензин–сырье пиролиза. Определение группового углеводородного состава хроматографическим методом.

Метод основан на разделении углеводородных компонентов на кварцевой капиллярной колонке DB–1 и последующей регистрацией их ДИП.

Регистрацию сигнала, обнаружение, измерение площади и идентификацию пиков, а также расчет массовых долей компонентов осуществляют при помощи аппаратно-программного комплекса (АПК) с программным обеспечением “Хроматэк Аналитик” методом внутренней нормализации.

Условия выполнения измерения приведены в таблице 2.2.

Таблица 2.2 – Параметры измерений при анализе бензина

Параметры	Значения
Начальная температура термостата колонок	35 ⁰ С
Время поддержания начальной температуры	10 мин
Скорость нагрева термостата колонок	3 ⁰ С/мин
Конечная температура термостата колонок	200 ⁰ С
Температура термостата детектора	250 ⁰ С
Температура термостата испарителя	250 ⁰ С
Расход газа-носителя (гелий)	(1,5–2,5) см ³ /мин
Давление газа-носителя на входе в колонку	(290–300) кПа
Скорость газа-носителя	(20–30) см ³ /с

Продолжение таблицы 2.2

Поток газа-носителя	20,0 см ³ /мин
Деление потока газа-носителя	1:200
Расход газа-носителя (сброс пробы)	(400–410) см ³ /мин
Расход водорода	(20–40) см ³ /мин
Расход воздуха	(200–400) см ³ /мин
Объем пробы	(0,2–1,0) мм ³

Порядок выполнения измерения

Хроматограф включают, проверяют установленные параметра хроматографического анализа и ожидают, когда прибор выйдет на рабочий режим.

После выхода прибора на режим пробу отобранную в пенициллиновую склянку вводят в хроматограф при помощи микрошприца.

Запись хроматограммы и обработка результатов осуществляют с помощью АПК[13].

2.4.3 Метод измерения компонентного состава

Измерение состава пирогаза выполняется газохроматографическим методом по МИ № 141–2011 Газы производства мономеров. Газохроматографический метод определения водорода, оксида углерода, диоксида углерода и углеводородов C₁–C₇.

Для этого пробу одновременно вводят в две колонки при помощи десятипортового крана-дозатора с двумя дозирующими петлями. На насадочной колонке с CarbosieveS-II происходит разделение водорода, кислорода, азота, оксида углерода, метана, диоксида углерода и воды. После выхода диоксида углерода колонка автоматически переключается на обратную продувку при помощи четырехпортового крана-дозатора. На выходе из насадочной колонки компоненты фиксируются ДТП. Расчет объемных и массовых долей компонентов проводят методом абсолютной градуировки. На

капиллярной колонке с нанесенной пленкой Al_2O_3 происходит разделение углеводородов C_1-C_7 . На выходе из капиллярной колонки компоненты фиксируются ДИП. Расчет объемных и массовых долей компонентов проводят методом нормализации.

Регистрация сигналов детекторов, измерение площадей пиков, идентификация компонентов и количественный расчет осуществляется при помощи программного обеспечения (ПО) «Хроматэк Аналитик».

Условия выполнения измерения приведены в таблице 2.3.

Таблица 2.3 – Параметры работы хроматографа

Параметры	Значения
Начальная температура термостата колонок	80 ⁰ С
Время поддержания начальной температуры	9 мин
Скорость нагрева термостата колонок	20 ⁰ С/мин
Конечная температура термостата колонок	180 ⁰ С
Температура термостата детектора ДИП	250 ⁰ С
Температура крана-дозатора	100 ⁰ С
Температура крана-переключателя	100 ⁰ С
Давление на входе в колонку	50кПа
Деление потока	1:20
Расход газа-носителя (азот) через колонку	6,0 см ³ /мин
Расход газа-носителя (азот) на сброс	120,4 см ³ /мин
Расход азота для поддува в ДИП	30 см ³ /мин
Расход водорода	25 см ³ /мин
Расход воздуха	250 см ³ /мин
Объем пробы	0,125 мм ³

Порядок выполнения измерения

Хроматограф включают, проверяют установленные параметра хроматографического анализа и ожидают, когда прибор выйдет на рабочий режим.

В положении “Отбор” продувают петлю крана-дозатора пробой, перекрывают пробоотборник, выдерживают несколько секунд (для

выравнивания давления в петле), после чего вводят пробу в хроматограф переводом крана-дозатора в положение “Анализ”, нажимают кнопку “Старт”

Запись хроматограммы и обработка результатов осуществляют с помощью АПК[14].

4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Мощности нефтехимических производств с каждым годом увеличивается, соответственно потребление низкомолекулярных олефинов в мире возрастает. Установки пиролиза совершенствуются, необходимо учитывать гибкость установки к максимальному выходу продукта.

Большое количество ароматических углеводородов получается в процессе пиролиза, которые относятся к побочным продуктам и составляют основу смолы пиролиза.

Стало быть, процесс пиролиз идентифицируется как важный процесс в современном мире, обеспечивающий многие нефтехимические процессы сырьем.

Обоснование целесообразности проведения исследовательских работ является целью раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение».

4.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

По результатам проведенного сегментирования рынка были определены основные сегменты, а также выбраны наиболее благоприятные (таблица 4.1).

Таблица 4.1- Карта сегментирования

Профиль	Характеристика метода		
	Высокий выход продукта	Чистота целевого продукта	Мощность установки
ПАО «Нижнекамскнефтех им»			

Продолжение таблицы 4.1

ООО «Томскнефтехим»			
ЗАО «Сибур-Химпром»			

ПАО «Нижекамскнефтехим»		ООО «Томскнефтехим»		ЗАО «Сибур-Химпром»
----------------------------	--	------------------------	--	---------------------

4.1.2 Анализ конкурентных технических решений

Детальный анализ конкурирующих разработок, существующих на рынке, необходимо проводить систематически, поскольку рынки пребывают в постоянном движении. Такой анализ помогает вносить коррективы в научное исследование, чтобы успешнее противостоять своим соперникам. Важно реалистично оценить сильные и слабые стороны разработок конкурентов.

Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения позволяет провести оценку сравнительной эффективности научной разработки и определить направления для ее будущего повышения приведены в таблице 4.2.

Таблица 4.2- Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Повышение производительности	0,20	5	4	3	0,85	0,68	0,51
2. Удобство в эксплуатации	0,10	3	3	2	0,15	0,15	0,1
3. Надежность	0,12	5	5	5	0,5	0,5	0,5
4. Экологичность	0,13	5	5	5	0,55	0,55	0,55
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Конкурентоспособность продукта	0,1	4	4	3	0,4	0,4	0,3

Продолжение таблицы 4.2

2. Уровень проникновения на рынок	0,05	4	4	2	0,2	0,2	0,1
3. Цена	0,1	4	3	3	0,4	0,3	0,3
4. Предполагаемый срок эксплуатации	0,05	4	4	4	0,2	0,2	0,2
5. Финансирование научной разработки	0,05	4	4	3	0,2	0,2	0,15
6. Срок выхода на рынок	0,05	4	4	3	0,2	0,2	0,15
7. Наличие сертификации разработки	0,05	4	4	4	0,2	0,2	0,2
Итого	1	46	44	37	4,33	4,06	3,41

Где Бк1 - ПАО «Нижекамскнефтехим», Бк2- ЗАО «Сибур-Химпром»

Повышение производительности - за счет изучения и оптимального подобранного сырья.

Удобство в эксплуатации – малое образование сажи на поверхностях радиантного змеевика и трубок ЗИА при использовании данного сырья.

Надежность – за счет современной автоматизированной системы управления и минимального количества потерь целевых компонентов за счет наименьшего закоксования пиролизного змеевика, вследствие удачно подобранного сырья.

Экологичность - снижение выбросов вредных ингредиентов в атмосферу и снижения температуры дымовых газов.

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле [15]:

$$K = \sum B_i * B_i \quad (1)$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i-го показателя.

4.1.3 SWOT-анализ

SWOT – Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта. SWOT- анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта. Он проводится в несколько этапов.

Первый этап заключается в описании сильных и слабых сторон проекта, в выявлении возможностей и угроз для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде.

Результаты первого этапа SWOT-анализа представлены в таблице 4.3

Таблица 4.3 - Матрица SWOT

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта: С1.Квалифицированные работники. С2.Более низкая стоимость производства по сравнению с другими технологиями С3.Внедрение новых узлов оборудования и совершенствования технологических процессов. С4.Экологичность технологии пиролиза бензина	Слабые стороны научно-исследовательского проекта: Сл1.Низкий уровень заработной платы для молодых специалистов. Сл2.Устаревшее оборудование. Сл3.Высокая степень износа оборудования. Сл4.Поставка сырья ненадлежащего качества
Возможности: 1.Спрос на продукцию 2.Увеличение мощности установки 3.Увеличение стоимости разработанных методов у конкурентов	Сильные стороны и возможности: 1.Эффективное использование ресурсов производства. 2.Оптимизация количества посредников за счет постоянных и проверенных поставщиков (пользоваться услугами постоянных поставщиков). 3.Поддержание увеличения спроса и выхода на новые рынки сбыта. 4. Заявленная экономичность и энергоэффективность технологии пиролиза бензина	Слабые стороны и возможности: 1.Создание эффективной системы мотивации и стимулирования для сотрудников. 2.Наработка и укрепление конкурентных преимуществ продукта. 3.Модернизация оборудования.

Продолжение таблицы 4.3

Угрозы: 1.Повышение требований к качеству продукции. 2.Развитая конкуренция технологий производства.	Сильные стороны и угрозы: 1.Наличие высококвалифицированного персонала. 2.Создание конкурентных преимуществ продукта.	Слабые стороны и угрозы: 1.Развитие конкуренции. 2.Найти наиболее оптимальную технологию получения этилена.
---	--	--

Выявим соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды. Данные соответствие или несоответствие помогут выявить потребность в проведении стратегических изменений. Для этого построим интерактивные матрицы проекта (таблицы 4.4–4.7).

Таблица 4.4– Интерактивная матрица проекта

Возможности проекта		C1	C2	C3	C4
	B1	+	+	+	0
	B2	+	0	+	+
	B3	+	-	-	+

Таблица 4.5 – Интерактивная матрица проекта

Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3
	B1	+	+	+
	B2	0	+	+
	B3	0	+	-

Таблица 4.6– Интерактивная матрица проекта

Угрозы проекта		C1	C2
	У1	+	+
	У2	+	+

Таблица 4.7 – Интерактивная матрица проекта

Угрозы проекта		Сл1	Сл2
	У1	+	-
	У2	0	-

4.1.4 Определение возможных альтернатив проведения научных исследований

Таблица 4.8 – Морфологическая матрица для процесса пиролиза бензиновых фракций

	1	2	3
А. Сырье	Бензин	Бензин, ШФЛУ, СУГ	СУГ, бензин
Б. Катализаторы	Металлоорганические	Цеолитные	Рутениевые

4.2 Планирование научно-исследовательских работ

4.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке [15]:

- определение структуры работ в рамках научного исследования;
- определение участников каждой работы;
- установление продолжительности работ;
- построение графика проведения научных исследований.

Для выполнения научных исследований формируется рабочая группа, в состав которой входят дипломник, научный руководитель, консультант по части социальной ответственности и консультант по экономической части ВКР. По каждому виду запланированных работ устанавливается соответствующая должность исполнителей.

Составим перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования, проведем распределение исполнителей по видам работ. Приблизительный порядок составления этапов и работ, распределение исполнителей по данным видам работ приведен в таблице 4.9.

Таблица 4.9 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
1	2	3	4
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель
Выбор направления исследований	2	Подбор и изучение материалов по теме	Дипломник
	3	Выбор направления исследований	Руководитель, Дипломник
	4	Изучение технологии процесса	Дипломник
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Проведение теоретических исследований, изучение литературы	Дипломник
	6	Набор статистических данных	Дипломник
	7	Обработка и оформление результатов исследования	Дипломник
Обобщение и оценка результатов	8	Обсуждение полученных результатов	Руководитель, дипломник
<i>Проведение ОКР</i>			
Разработка технической документации и проектирование	9	Сбор информации по охране труда	Дипломник
	10	Оформление результатов по охране труда	Дипломник
	11	Подбор данных для выполнения экономической части работы	Дипломник
	12	Оформление экономической части работы	Дипломник
Оформление отчета по НИР (комплекта документации по ОКР) Оформление отчета по НИР (комплекта документации по ОКР)	13	Составление пояснительной записки	Дипломник, руководитель
	14	Сдача работы на рецензию	Дипломник
	15	Подготовка к защите дипломной работы	Дипломник
	16	Защита дипломной работы	Дипломник, руководитель

4.2.2 Определение трудоемкости работ

Трудовые затраты в большинстве случаев образуют основную часть стоимости разработки, поэтому важным моментом является определение трудоемкости работ каждого из участников научного исследования.

Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к.

зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости $t_{ожі}$ используется следующая формула[15]:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5} \quad (2)$$

где $t_{ожі}$ - ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы чел. –дн.;

$t_{\min i}$ - минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел. –дн.;

$t_{\max i}$ - максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел. –дн.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_p , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями.

Такое вычисление необходимо для обоснованного расчета заработной платы[15].

$$T_{p_i} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i} \quad (3)$$

где T_{p_i} - продолжительность одной работы, раб.дн.;

$t_{ожі}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел. –дн.

$Ч_i$ – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

Продолжительность работ внесена в таблицу 4.10.

4.2.3 График проведения научного исследования

График проведения научного исследования приведен в таблице 4.10. Календарный план-график проведения исследования представлен в таблице 4.11.

Таблица 4.10– Календарный план проекта

№ этапа	Наименование работы	Исполнители	Трудоемкость работ			T_{pi} (дн)
			t_{min} (дн)	t_{max} (дн)	$t_{ож}$ (дн)	
1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель	2	2	2	2
2	Подбор и изучение материалов по теме	Дипломник	2	2	2	2
3	Выбор направления исследований	Руководитель, Дипломник	2 3	3 3	3 3	3 3
4	Изучение технологии процесса	Дипломник	4	8	6	6
5	Проведение теоретических исследований, изучение литературы	Дипломник	5	6	6	6
6	Набор статистических данных	Дипломник	13	15	14	14
7	Обработка и оформление результатов исследования	Дипломник	2	3	3	3
8	Обсуждение полученных результатов	Руководитель, Дипломник	2 2	2 2	2 2	2 2
9	Сбор информации по охране труда	Дипломник	3	5	4	4
10	Оформление результатов по охране труда	Дипломник	3	5	4	4
11	Подбор данных для выполнения экономической части работы	Дипломник	3	5	4	4
12	Оформление экономической части работы	Дипломник	5	8	7	7
13	Составление пояснительной записки	Руководитель, Дипломник	2 5	4 5	3 5	3 5
14	Сдача работы на рецензию	Дипломник	2	4	3	3
15	Подготовка к защите дипломной работы	Дипломник	5	7	6	6
16	Защита дипломной работы	Руководитель, Дипломник	1 1	1 1	1 1	1 1
	Всего дней	Руководитель, Дипломник	9 58	12 79	11 70	11 70

Таблица 4.11– Календарный план проекта

№ этапа	Наименование работы	Исполнители	Трудоемкость работ			T _{pi} (дн)	Продолжительность выполнения работ						
			Im _{min} (дн)	Im _{max} (дн)	Im _{ож} (дн)		Апрель 10	Апрель 20	Апрель 30	Май 40	Май 50	Май 60	Июнь 70
1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель	2	2	2	2	■						
2	Подбор и изучение материалов по теме	Дипломник	2	2	2	2	■	■					
3	Выбор направления исследований	Руководитель, Дипломник	2 3	3 3	3 3	3 3	■	■					
4	Изучение технологии процесса	Дипломник	4	8	6	6		■	■				
5	Проведение теоретических исследований, изучение литературы	Дипломник	5	6	6	6		■	■				
6	Набор статистических данных	Дипломник	13	15	14	14			■	■			
7	Обработка и оформление результатов исследования	Дипломник	2	3	3	3				■			
8	Обсуждение полученных результатов	Руководитель, Дипломник	2 2	2 2	2 2	2 2				■	■		
9	Сбор информации по охране труда	Дипломник	3	5	4	4					■		
10	Оформление результатов по охране труда	Дипломник	3	5	4	4					■		
11	Подбор данных для выполнения экономической части работы	Дипломник	3	5	4	4					■		
12	Оформление экономической части работы	Дипломник	5	8	7	7					■	■	
13	Составление пояснительной записки	Руководитель, Дипломник	2 5	4 5	3 5	3 5						■	■
14	Сдача работы на рецензию	Дипломник	2	4	3	3			■				■
15	Подготовка к защите дипломной работы	Дипломник	5	7	6	6							■
16	Защита дипломной работы	Руководитель, Дипломник	1 1	1 1	1 1	1 1							■
	Всего дней	Руководитель, Дипломник	9 58	12 79	11 70	11 70							

■	Руководитель
■	Дипломник

4.3 Бюджет научного исследования

При планировании бюджета НТИ должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением.

При планировании бюджета НТИ должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением. В процессе формирования бюджета НТИ используется следующая группировка затрат по статьям:

материальные затраты НТИ;

затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ;

основная заработная плата исполнителей темы;

дополнительная заработная плата исполнителей темы;

отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);

затраты научные и производственные командировки;
контрагентные расходы;
накладные расходы.

4.3.1 Расчет материальных затрат НТИ

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле[15]:

$$Z_m = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m \Pi_i \cdot N_{расхi} \quad (4)$$

Где, m – количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении научного исследования;

$N_{расхi}$ – количество материальных ресурсов i-го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, м² и т.д.);

Π_i – цена приобретения единицы i-го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./м² и т.д.);

k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Материальные затраты, необходимые для данной разработки, отражены в таблице 4.12.

Таблица 4.12–Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество			Цена за ед., с НДС руб.			Затраты на материалы, (Z _м) руб.		
		Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
Прямогонный бензин	тн	10	15	17	21000	21000	21000	252000	378000	428400
Водяной пар	тн	5	6	8	120	120	120	720	864	1152
Итого								252720	378864	429552

4.3.2 Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ

В данную статью включают все затраты, связанные с приобретением специального оборудования (приборов, контрольно-измерительной аппаратуры, стенов, устройств и механизмов), необходимого для проведения работ по конкретной теме. При приобретении спецоборудования необходимо учесть затраты по его доставке и монтажу в размере 15% от его цены.

Все расчеты по приобретению спецоборудования и оборудования, имеющегося в организации, но используемого для каждого исполнения конкретной темы, сводятся в таблице 4.13.

Таблица 4.13 – Расчет бюджета затрат на приобретение спецоборудования для научных работ

Наименование оборудования			Стоимость оборудования с НДС, руб.		
Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
Компьютер	Компьютер	Компьютер	38500	38500	38500
Хроматограф Кристалл 5000.2	Хроматограф Кристалл 5000.2	Хроматограф Кристалл 5000.2	650000	650000	650000
Программного обеспечения «Хроматэк Аналитик	Программного обеспечения «Хроматэк Аналитик	Программного обеспечения «Хроматэк Аналитик	34200	34200	34200
Капиллярной колонке db-1	Капиллярной колонке db-1	Капиллярной колонке db-1	24780	24780	24780
Насадочной колонке с CarbosieveS-II	Насадочной колонке с CarbosieveS-II	Насадочной колонке с CarbosieveS-II	51500	51500	51500
приемный цилиндр 100 мл на латунной подставке	приемный цилиндр 100 мл на латунной подставке	приемный цилиндр 100 мл на латунной подставке	10458	10458	10458
колба для разгонки 125 мл	колба для разгонки 125 мл	колба для разгонки 125 мл	4200	4200	4200
датчик температуры паров	датчик температуры паров	датчик температуры паров	7361	7361	7361
Кипелки к атмосферной разгонке	Кипелки к атмосферной разгонке	–	3268	3268	–

Продолжение таблицы 4.13

Автоматический аппарат для определения фракционного состава нефтепродуктов в OptiDist	Автоматический аппарат для определения фракционного состава нефтепродуктов OptiDist	Автоматический аппарат для определения фракционного состава нефтепродуктов в OptiDist	9536175	9536175	9536175
Итого:			10360442	10360442	10357174

Расчет затрат на электроэнергию определяется по формуле [15]:

$$E_{э} = \sum N_i \cdot T_{э} \cdot Ц_{э} \quad (5)$$

где N_i – мощность электроприборов по паспорту, кВт;

$T_{э}$ – время использования электрооборудования, час;

$Ц_{э}$ – цена одного кВт*ч, руб. (3,25 руб. в городе Томске).

$$2,5 \times 50 \times 3,25 = 407 \text{ руб}$$

4.3.3 Основная заработная плата исполнителей темы

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением НИИ, (включая премии и доплаты) и дополнительную заработную плату. Также включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20 – 30 % от тарифа или оклада [15]:

$$З_{зп} = З_{осн} + З_{доп} , \quad (6)$$

где $З_{осн}$ – основная заработная плата;

$З_{доп}$ – дополнительная заработная плата (12 – 20 % от $З_{осн}$).

Основная заработная плата ($З_{осн}$) руководителя от предприятия рассчитывается по следующей формуле [15]:

$$З_{осн} = З_{дн} \cdot T_p, \text{ где} \quad (7)$$

$З_{осн}$ – основная заработная плата одного работника;

$З_{дн}$ – среднедневная заработная плата работника, руб;

Тр– продолжительность работ, выполняемых научно – техническим работником, раб.дн.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле [15]:

$$З_{дн} = \frac{З_{м} \cdot М}{F_{д}}, \text{ где} \quad (8)$$

$З_{м}$ – месячный должностной оклад работника, руб.;

$М$ – количество месяцев работы без отпуска в течение года;

$F_{д}$ – действительный годовой фонд рабочего времени научно – технического персонала, раб.дн.

В таблица 4. 14 приведен баланс рабочего времени каждого работника НТИ

Таблица 4.14–Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Дипломник
Календарное число дней	90	90
Количество нерабочих дней		
- выходные дни	15	15
- праздничные дни	5	5
Потери рабочего времени		
- отпуск	0	0
- невыходы по болезни	0	0
Действительный годовой фонд рабочего времени	70	70

Месячный должностной оклад работника:

$$З_{м} = З_{тс} \cdot (1 + k_{пр} + k_{д}) \cdot k_{р}, \quad (9)$$

где $З_{тс}$ – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$k_{пр}$ – премиальный коэффициент, равный 0,3 (т.е. 30% от $З_{тс}$);

$k_{д}$ – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2 – 0,5;

$k_{р}$ – районный коэффициент, для Томска равный 1,3.

Расчет основной заработной платы приведен в таблице 4. 15.

Таблица 4.15 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	$Z_{тс}$, руб.	k_d	k_p	Z_m , руб.	$Z_{дн}$, руб.	T_p , раб.дн.	$Z_{осн}$, руб.
Руководитель	17000	0,30	1,3	35360	5254	11	57794
Дипломник	2206	0,30	1,3	4589	682	70	47740

Общая заработная исполнителей работы представлена в таблице 4.15.

Таблица 4.16 – Общая заработная плата исполнителей

Исполнитель	$Z_{осн}$, руб.	$Z_{доп}$, руб.	$Z_{зп}$, руб.
Руководитель	57794	7513	65307
Бакалавр	47740	6206	53946
Итого	105534	13719	119253

4.3.4 Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы учитывают величину предусмотренных Трудовым кодексом РФ доплат за отклонение от нормальных условий труда, а также выплат, связанных с обеспечением гарантий и компенсаций (при исполнении государственных и общественных обязанностей, при совмещении работы с обучением, при предоставлении ежегодного оплачиваемого отпуска и т.д.).

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле [15]:

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн} \quad (10)$$

где $k_{доп}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,12 – 0,15).

4.3.5 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

В данной статье расходов отражаются обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам

государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников.

Величина этих отчислений определяется по формуле (11):

$$З_{внеб} = k_{внеб} \cdot (З_{осн} + З_{доп}), \quad (11)$$

где $k_{внеб}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды.

На 2014 г. в соответствии с Федеральным закона от 24.07.2009 № 212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30%. Однако на основании пункта 1 ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2014 году водится пониженная ставка – 30%.

Отчисления во внебюджетные фонды представлены в таблице 4.17.

Таблица 4.17 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Руководитель	57794	7513
Дипломник	47740	6206
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,271	
Итого 32199		
Руководитель	17633	
Дипломник	14566	

4.3.6 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование графических материалов, оплата услуг связи, электроэнергии, транспортные расходы и т.д. Их величина определяется по следующей формуле [15]:

$$З_{\text{накл}} = k_{\text{нр}} \cdot (\text{сумма статей } 1 \div 5), \quad (12)$$

где $k_{\text{нр}}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы.

Величину коэффициента накладных расходов $k_{\text{нр}}$ допускается взять в размере 16%. Таким образом, накладные расходы на данные НТИ составляют 6512 руб.

4.3.7 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы (темы) является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается научной организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку научно-технической продукции.

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведен в таблице 4.18.

Таблица 4.18 – Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.		
	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1. Материальные затраты НТИ	252720	378864	429552
2. Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	10360442	10360442	10357174
3. Затраты на электроэнергию	407	407	407
4. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	105534	105534	105534
5. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	13719	13719	13719
6. Отчисления во внебюджетные фонды	32199	32199	32199
7. Накладные расходы	2452138,3	1742586,4	1750173,6
8. Бюджет затрат НТИ	17778002,3	12633751,4	12688758,6

4.4 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его

нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как [15]:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{\text{pi}}}{\Phi_{\text{max}}} \quad (13)$$

Где, $I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}$ – интегральный финансовый показатель разработки;

Φ_{pi} – стоимость i-го варианта исполнения;

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.1}} = 17778002,3 / 17778002,3 = 1$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.2}} = 12633751,4 / 17778002,3 = 0,71$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.3}} = 12688758,6 / 17778002,3 = 0,72$$

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное увеличение бюджета затрат разработки в размах (значение больше единицы), либо соответствующее численное удешевление стоимости разработки в размах (значение меньше единицы, но больше нуля).

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности приведен в таблице 4.19.

Таблица 4.19 - Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии \ Объект исследования	Весовой коэффициент параметра	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1. Повышение производительности	0,35	5	5	3
2. Удобство в эксплуатации	0,18	4	5	4
3. Надежность	0,21	3	4	2
4. Экологичность	0,26	4	4	3
Итого	1			

$$I_{\text{р-исп1}} = 0,35 * 5 + 0,18 * 4 + 0,21 * 3 + 0,26 * 4 = 4,14$$

$$I_{p-исп2} = 0,35 * 5 + 0,18 * 5 + 0,21 * 4 + 0,26 * 4 = 4,53$$

$$I_{p-исп3} = 0,35 * 3 + 0,18 * 4 + 0,21 * 2 + 0,26 * 3 = 2,97$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки (Испі) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле [15]:

$$I_{исп.i} = \frac{I_{p-исп.i}}{I_{финр.i}} \quad (14)$$

$$\text{Исп 1} = 4,14 / 1,00 = 4,14$$

$$\text{Исп 2} = 4,53 / 0,71 = 6,30$$

$$\text{Исп 3} = 2,97 / 0,72 = 4,12$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения позволит определить сравнительную эффективность проекта и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных.

Сравнительная эффективность проекта (Эср) [1]:

$$\mathcal{E}_{ср} = \frac{I_{исп.1}}{I_{исп.2}} \quad (15)$$

Таблица 4.20 – Сравнительная эффективность разработки

Показатели	Исп.1	Исп.2	Исп.3
Интегральный финансовый показатель разработки	1,00	0,71	0,72
Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,14	4,53	2,97
Интегральный показатель эффективности	4,14	6,30	4,12
Сравнительная эффективность вариантов исполнения	0,65	1,00	0,66

5 Социальная ответственность

Основными факторами, характеризующими выполнение работы с точки зрения опасности, являются:

- Пожаровзрывоопасность;
- Опасность отравления вредными веществами;
- Опасность поражения электрическим током;

Поэтому в последнее время становятся актуальными вопросы, касающиеся безопасности жизнедеятельности трудящихся.

5.1 Производственная безопасность

Анализ вредных и опасных факторов, которые может создать объект исследования:

Таблица 5.1. Опасные и вредные факторы при исследовании пирогаза

Источник фактора, наименование видов работ	Вредные	Опасные	Нормативные документы
Работы: 1) Отбор проб и контроль;	1. Повышенная загазованность воздуха рабочей среды;	1. Электрический ток;	ГН 2.2.5.1313–03. Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны[17] ГОСТ 2.4.011–89 ССБТ. Средства защиты работающих. СанПиН [18] ГОСТ 12.1.019 (с №1) ССБТ. Электробезопасность[19]

В рабочей зоне и при отборе проб и контроле применяют следующие вредные опасные вещества:

1. Прямогонный бензин – бесцветная или желтоватая жидкость, состоящая из смеси углеводородов. Концентрационные пределы воспламенения 0,79-5,48%. Класс опасности – 3(вещество умеренно опасное). Предельно – допустимая концентрация в рабочей зоне – 100 мг/ м³. Вдыхание

паров бензина очень опасно для человека, может вызывать острые и хронические отравления.

2. Метан - простейший углеводород, бесцветный газ (в нормальных условиях) без запаха. Класс опасности – 4 (вещество малоопасное). Концентрационные пределы воспламенения смеси с воздухом – нижний – не менее 4,4% объемных, верхний – не более 17,0 % объемных. Проявляет наркотические свойства; наркотическое действие ослабляется малой растворимостью в воде и крови.

3. Этилен $\text{CH}_2 = \text{CH}_2$ – бесцветный газ с удушливым сладковатым запахом. Класс опасности – 4 (вещество малоопасное). Концентрационные пределы воспламенения смеси с воздухом – нижний – не менее 3,0 % объемных, верхний – не более 32,0 % объемных. Предельно – допустимая концентрация в рабочей зоне – 100 мг/ м³. Этилен обладает наркотическим действием, может вызывать головокружение, ослабление дыхания, головную боль, нарушение кровообращения, потерю сознания.

4. Пропилен – бесцветный газ с удушливым запахом. Класс опасности – 4 (вещество малоопасное). Концентрационные пределы воспламенения смеси с воздухом – нижний – не менее 2,3 % объемных, верхний – не более 25,0 % объемных. Предельно – допустимая концентрация в рабочей зоне – 100 мг/ м³. Действует как этилен, но немного сильнее [17].

Для индивидуальной защиты органов дыхания от вредных продуктов, применяются фильтрующие противогазы марки БКФ при объемной доле свободного кислорода не менее 18 % и суммарной объемной доли паров газообразных вредных веществ не более 0.5%. Для защиты от несорбируемых вредных веществ используются самоспасатели марки СШ-20М, СПИ-40 и изолирующие дыхательные аппараты марки АДИ-ГС [18].

Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть в лаборатории при проведении исследований:

В процессе выполнения работы может возникнуть повышенная загазованность воздуха рабочей среды, вследствие не герметичности пробоотборника.

А так же работы связаны с использованием электрических приборов, которые могут выйти из строя вследствие падения напряжения, обрыв заземления [19].

Обоснование мероприятий по защите исследователя от действия опасных и вредных факторов:

Указанные газы выбрасываются через выхлопные трубы на высоте, обеспечивающей рассеивание вредностей в приземном слое атмосферы концентраций, не превышающих предельно-допустимых.

Использование местной вентиляции при работе с вредными веществами; использование индивидуальных средств (спецодежды, очков, масок, противогазов и респираторов, антисептических паст); Контроля за состоянием воздушной среды на рабочих местах; токсикологической экспертизы химических веществ.

Для того чтобы защитить себя от травм при работе, работники должны строго соблюдать все инструкции по эксплуатации оборудования, все правила поведения в лаборатории. Вовремя проводить ремонт и диагностику оборудования, ликвидировать, если это возможно, или контролировать все возможные источники опасности [17,18].

5.2. Экологическая безопасность

Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду

Воздействие на атмосферу:

Процессы пиролиза идут при высоких температурах и следствием этого является то, что получаемые продукты находятся в газообразном состоянии. Это делает их более химически активными.

Выбросы газов в атмосферу разделяются на:

- постоянные и периодические выбросы газов, обусловленные ведением нормального технологического процесса;
- периодические выбросы газов в период пуска и остановки производства.

Указанные газы выбрасываются через выхлопные трубы на высоте, обеспечивающей рассеивание вредных веществ в приземном слое атмосферы до концентраций, не превышающих предельно-допустимых.

Воздействие на гидросферу:

Данное производство оказывает негативное влияние на гидросферу, основным источником опасности для окружающей среды, в данном случае являются:

- сточные воды от торцевых уплотнений насосов;
- химзагрязненные стоки;
- дождевые и талые воды.

Основные меры, принимаемые для защиты окружающей среды:

- для перекачки нефтепродуктов и токсичных продуктов применяются насосы с двойным торцевым уплотнением;
- сточные воды через трапы, воронки и дождеприемные колодцы по самотечному трубопроводу поступают в самотечную закрытую сеть промливневой канализации предприятия и далее отводятся на заводские очистные сооружения.
- бытовые сточные воды отводятся по закрытой самотечной сети канализации [20,21].

Воздействие на литосферу:

На данном производстве осуществляется ежегодный плановый ремонт оборудования и чистка трубопроводов, реакторных устройств и контактных поверхностей от шлама, который необходимо утилизировать. Выброс данных отходов оказывает негативное влияние на литосферу.

Меры для защиты окружающей среды:

- захоронение на специальных полигонах для промышленных отходов.

Одним из важнейших факторов в безопасности жизнедеятельности людей является подготовленность к чрезвычайным ситуациям [21].

5.3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований [22,23]:

Возможные источники и причины пожаров и взрывов на рабочем месте:

- наличие легковоспламеняющихся жидкостей и взрывопожароопасных паров;
- возможная разгерметизация трубопроводов или оборудования;
- наличием электрооборудования;
- наличие нагретых поверхностей оборудования и трубопроводов;

Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть в лаборатории при проведении исследований [24]:

При выполнении работы может возникнуть воспламенение, взрыв паров пирогаза.

Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС:

Предотвращение взрывоопасной среды в воздухе производственных помещений путем контроля воздушной среды, применение герметичного оборудования, рабочей и аварийной вентиляции.

Проводят пожарную профилактику, она предусматривает своевременный ремонт оборудования и проверку наличия первичных средств пожаротушения.

Главная задача при возникновении пожара – его оперативная локализация. Небольшие загорания, а также пожары в начальной стадии могут быть успешно ликвидированы обслуживающим персоналом первичными

средствами пожаротушения: порошковые и углекислотные огнетушители, асбестовые полотна, грубошерстные ткани (кошма, войлок), песок.

Для локализации и ликвидации пожара должны использоваться стационарные средства пожаротушения [22,23].

5.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Специальные (характерные для рабочей зоны исследователя) правовые нормы трудового законодательства:

В лаборатории присутствуют вредные условия труда. В зависимости от проведенной специальной оценки условия классифицируются:

1. Условия труда, при которых на работника воздействуют вредные и (или) опасные производственные факторы, после воздействия, которых измененное функциональное состояние организма работника восстанавливается.

2. Условия труда, при которых на работника воздействуют вредные и (или) опасные производственные факторы, уровни воздействия которых способны вызвать развитие начальных форм профессиональных заболеваний легкой степени тяжести (без потери профессиональной трудоспособности).

Гарантии и компенсации:

На установке принят двухсменный четырёх бригадный график работы согласно “Списку производств, цехов, профессий и должностей вредными условиями труда” работа в которых даёт право на:

- Дополнительный отпуск (12 календарных дней).
- Всем работникам установки с целью нейтрализации вредных организма веществ выдается молоко в количестве 0,5 литра в сутки.
- При достаточном трудовом стаже выход на льготную пенсию.

- Обеспечение СИЗ для предотвращения несчастных случаев, заболеваний и отравлений связанных с производством, весь обслуживающий персонал обеспечивается средствами индивидуальной защиты.

Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны исследователя [25,26]:

Конструкцией рабочего места должно быть обеспечено выполнение трудовых операций в пределах зоны досягаемости моторного поля.

Конструкцией рабочего места должно быть обеспечено оптимальное положение работающего, которое достигается регулированием:

1. Высоты рабочей поверхности, сиденья и пространства для ног. Регулируемые параметры следует выбирать по номограмме, приведенной на рисунке 5.1;

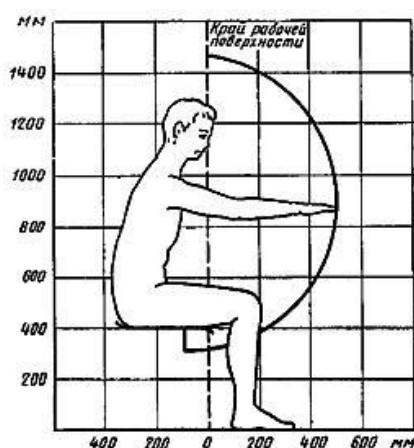


Рисунок 5.1- Зона досягаемости моторного поля в вертикальной плоскости

2. Высоты сиденья и подставки для ног (при нерегулируемой высоте рабочей поверхности). В этом случае высоту рабочей поверхности устанавливают по номограмме (рисунок 5.2) для работающего ростом 1800 мм.

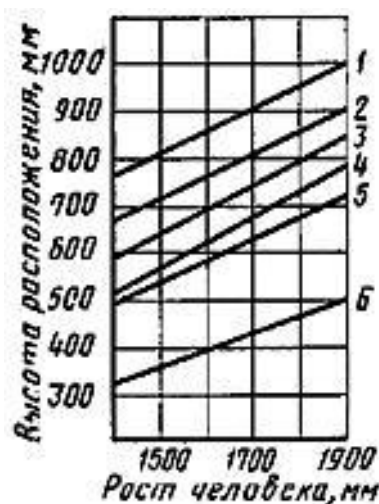


Рисунок 5.2 - Зависимости высоты рабочей поверхности для разных видов работ.

Оптимальная рабочая поза для работающих более низкого роста достигается за счет увеличения высоты рабочего сиденья и подставки для ног [25].

Организация рабочего места и конструкция оборудования должны обеспечивать прямое и свободное положение корпуса тела работающего или наклон его вперед не более чем на 15° .

При работе двумя руками органы управления размещают с таким расчетом, чтобы не было перекрещивания рук.

Средняя высота расположения средств отображения информации должна соответствовать значениям, приведенным в таблице 5.2.

Таблица 5.2 - Расположения средств отображения информации

Пол работающего	Средняя высота, мм
Женщины	1320
Мужчины	1410
Женщины и мужчины	1365

Очень часто используемые средства отображения информации, требующие точного и быстрого считывания показаний, следует располагать в вертикальной плоскости под углом $\pm 15^\circ$ от нормальной линии взгляда и горизонтальной плоскости под углом $\pm 15^\circ$ от сагиттальной плоскости

Аварийные органы управления следует располагать в пределах зоны досягаемости моторного поля, при этом следует предусмотреть специальные средства опознавания и предотвращения их непроизвольного и самопроизвольного включения [26].

Заключение

Обзор источников литературы показал, что пирогаз печей пиролиза является необходимым и востребованным продуктом нефтеперерабатывающей промышленности. Вместе с тем, в последние годы существует тенденция внедрения на нефтеперерабатывающие заводы усовершенствованного процесса пиролиза.

Было изучено влияние температуры, давления, состава сырья, на результаты процесса пиролиза бензиновой фракции.

Таким образом, выявлено, что качество и выход целевых продуктов в процессе пиролиза бензиновых фракций в значительной степени определяется температурным режимом.

Список используемых источников

1. Костин А. А. Популярная нефтехимия. Увлекательный мир химических процессов / Костин Андрей. — М. : Ломоносовъ, 2013. — 176 с.
2. И. Ф. Хафизов, Р. Р. Мусин, Современные тенденции развития процесса пиролиза, Издательство: Казанский национальный исследовательский технологический университет (Казань), Год: 2015 Страницы: 231-234
3. Жидков А.Б., Герасимов Д.П., Денисов Д.Е. и др. Трубчатые нагревательные печи нефтепереработки и нефтехимии, Санкт-Петербург: АртПроект, 2015. — 102 с.
4. Ентус, Н.Р. Трубчатые печи в нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности, Издательство: М.: Химия, 304 страниц; 1987 г.
5. Плановский А.Н., Рамм В.М., Каган С.З. Процессы и аппараты химической технологии, 3-е изд., стереотип. — Москва: Химия, 1966. — 847
6. Регламент ООО “ТОМСКНЕФТЕХИМ” Производство мономеров. Установка пиролиза углеводородов нефти (401).
7. Черный И.Р. Производство мономеров и сырья для нефтехимического синтеза. — М.: Химия, 1973.- 264 с.
8. Капустин В.М., Гуреев А.А. Технология переработки нефти. Часть 2. Деструктивные процессы, М.: Колос С, 2007. — 334 с: ил. — (Учебники и учебное пособия для студентов высшего учебного заведений).
9. Гориславец С.П., Тменов Д.Н., Майоров В.И. Пиролиз углеводородного сырья, Киев: Наукова думка, 1977. - 309 с.
10. Солодова Н.Л., Абдуллин А.И. Пиролиз углеводородного сырья, Учебное пособие. — Казань, КГТУ, 2007. — 239 с.
11. Мухина Т.Н., Баранов Н.Л., Бабаш С.Е. и др. Пиролиз углеводородного сырья, Москва: Химия, 1987. — 240 с.
12. ГОСТ 2177-99 Нефтепродукты. Методы определения фракционного состава

13. МИ 106-2010 Бензин–сырье пиролиза. Определение группового углеводородного состава хроматографическим методом.

14. МИ № 141–2011 Газы производства мономеров. Газохроматографический метод определения водорода, оксида углерода, диоксида углерода и углеводородов C_1 – C_7

15. Видяев И.Г., Серикова Г.Н., Гаврикова Н.А. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение: учебно-методическое пособие / Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 36 с.

16. Романенко С.В. Методические указания по разработке раздела «Социальная ответственность» выпускной квалификационной работы магистра, специалиста и бакалавра всех направлений (специальностей) и форм обучения ТПУ/ Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2016. – 11 с.

17. ГН 2.2.5.1313–03. Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны

18. ГОСТ 12.4.011-89 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Средства защиты работающих.

19. ГОСТ Р 12.1.019-2009 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность.

20. ГОСТ 17.1.3.06–82. Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к охране подземных вод.

21. В. И. Коробкин, Л. В. Передельский. Экология: учебник – 19-е изд., доп. и перераб. – Ростов-на-Дону: Феникс, 2014. – 603 с.

22. ГОСТ Р 22.0.01-94. Безопасность в ЧС. Основные положения.

23. Жуков, Виктор Ильич. Защита и безопасность в чрезвычайных ситуациях : учебное пособие / В. И. Жуков, Л. Н. Горбунова; Сибирский федеральный университет (СФУ). — Москва; Красноярск: Инфра-М Изд-во СФУ, 2014. — 392 с.: ил. — Высшее образование. Бакалавриат. — Библиогр.: с. 384-387.

24. Давыдов, Виктор Николаевич. Техника безопасности при работах по химии / В. Н. Давыдов, Э. Г. Злотников. — СПб.; Москва: Сага Форум, 2008. — 112 с.: ил. — Библиогр.: с. 97-99.

25. ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования.

26. ГОСТ 12.2.033-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования.

Приложение А

(обязательное)

Данные по работе печи пиролиза бензина

Таблица А.1 – Пробег печи пиролиза с 01.01.2018 по 03.05.2018 г.

Регулировка	Клапаны	01.01.2018	05.01.2018	10.01.2018	13.01.2018	20.01.2018
расхода сырья по потокам	FIRC03A	4090,58	4768,49	4736,87	4710,06	4647,52
расхода сырья по потокам	FIRC03B	4288,18	4886,5	4970,71	4970,71	4919,18
расхода сырья по потокам	FIRC03C	4031,84	4622,23	4639,77	4567,88	4702,6
расхода сырья по потокам	FIRC03D	4536,58	4660,02	4646,56	4623,49	4722,31
Пар разбавления до смещения	FIRC01A	3002,93	2479,98	2483,64	2451,17	2582,52
Пар разбавления до смещения	FIRC01B	3000,98	2575,68	2598,88	2582,03	2545,17
Пар разбавления до смещения	FIRC01C	2997,07	2564,45	2572,75	2530,76	2612,79
Пар разбавления до смещения	FIRC01D	3001,22	2565,92	2583,5	2548,83	2614,5
Давление сырья по потокам	PIR501A	0,48	0,5	0,53	0,54	0,57
Давление сырья по потокам	PIR501B	0,52	0,53	0,57	0,59	0,59
Давление сырья по потокам	PIR501C	0,52	0,53	0,56	0,57	0,59
Давление сырья по потокам	PIR501D	0,45	0,46	0,49	0,5	0,53
Температура выхода из печи	TIRCSA61A	812,54	817,19	816,80	834,31	834,12
Температура выхода из печи	TIRCSA61B	812,57	817,09	816,91	835,11	834,11
Температура выхода из печи	TIRCSA61C	810,89	816,96	816,86	834,09	834,13
Температура выхода из печи	TIRCSA61D	809,13	817,24	816,92	834,06	834,31
Температура перевала печи	TIR67A	829,64	865,34	869,23	882,96	888,28
Температура перевала печи	TIR67B	883,28	928,34	935,72	948,02	943,5
Температура перевала печи	TIR67C	862,96	917,32	922,87	937,63	926,84
Температура после ЗНА	TIRA69A	352,81	362,48	369,07	375,77	393,13
Температура после ЗНА	TIRA69B	352,59	359,55	365,19	371,7	389,58
Давление пирогаза перед ЗНА	PIRA35A	0,08	0,08	0,08	0,08	0,09
Давление пирогаза перед ЗНА	PIRA35B	0,08	0,08	0,08	0,08	0,09
Пар	ПАР	12007,08	10173,1	10253,66	10111,82	10348,39
Сырье	СЫРЬЕ	17040,48	18930,16	18986,42	18869,01	18976,2
Давление топливного газа	PIRCSA33	0,1	0,11	0,12	0,12	0,13
Расход топливного газа	FIR05	3997,19	3988,95	4241,64	4353,33	4327,09

19.03.2018	13.03.2018	08.03.2018	13.02.2018	09.02.2018	04.02.2018	01.02.2018	30.01.2018	29.01.2018
4872,26	3912,49	4253,78	3298,36	4910,15	4739,74	4490,87	4597,35	4500,95
4816,13	3663,72	4162,83	2618,98	4938,02	4803,83	4551,2	4527,36	4593,11
4565,02	3497,82	4024,3	2639,17	4801,55	4677,82	4372,49	4421,42	4359,53
4716,92	3621,04	4655,79	2663,58	4901,5	4810,36	4606,57	4602,72	4595,8
2712,89	3011,72	2998,78	3004,39	2674,07	2654,3	2900,15	2853,52	2844,48
2726,32	3003,42	3000,24	3007,32	2684,33	2671,88	2858,15	2771,24	2777,34
2935,3	2997,8	2962,65	2988,28	2632,57	2607,67	3001,22	2853,03	2825,44
2819,58	3004,64	2790,04	3004,15	2523,68	2523,19	2799,8	2785,64	2763,18
0,58	0,51	0,49	0,48	0,61	0,59	0,59	0,58	0,59
0,64	0,56	0,53	0,52	0,64	0,62	0,61	0,61	0,62
0,63	0,54	0,52	0,52	0,64	0,61	0,62	0,61	0,61
0,52	0,45	0,45	0,46	0,58	0,55	0,55	0,55	0,56
835,17	828,13	808,45	788,4	834,5	821,23	820,02	816,56	834,94
834,9	826,45	808,53	795,14	834,78	820,96	819,91	816,31	835,27
834,69	828,16	808,57	804,55	834,77	820,8	820,08	818,7	835,05
834,94	827,2	808,42	812,48	835	821,18	820,06	815,95	835,35
879,07	838,68	833,13	806,87	904,54	889,78	876,85	873,52	885,34
941,44	889,7	883,12	813,77	960,72	947,94	928,5	923,35	938,34
928,58	875,18	862,65	781,4	943,02	929,93	910,73	906,05	922,55
393,02	367,64	354,46	382,62	406,57	400,49	399,24	399,28	402,69
380,2	358,08	350,24	386,83	407,67	400,63	399,13	398,84	400,38
0,08	0,07	0,08	0,08	0,1	0,09	0,09	0,09	0,09
0,08	0,07	0,07	0,09	0,1	0,1	0,1	0,09	0,09
11197,75	11964,36	11738,04	12013,43	10522,95	10461,67	11559,33	11263,18	11198,24
18992,78	14593,59	17097,89	10575,71	19543,61	19053,32	18028,3	18003,43	18055,09
0,11	0,08	0,09	0,08	0,13	0,12	0,11	0,11	0,12
4218,44	3454,59	3815,61	2398,68	4431,15	4154,05	4122,62	3963,93	4405,21

	03.05.2018	02.05.2018	30.04.2018	20.04.2018	13.04.2018	06.04.2018	03.04.2018	26.03.2018
2596,83	3727,7		3733,97	3919,89	3912,89	3900,62	4471,53	4125,85
2007,97	3665,64		3672,56	3719,48	3727,17	3711,79	4245,89	4042,09
1894,94	3711,79		3720,48	3635,11	3617,83	3640,8	4084,85	3905,32
1998,36	3864,83		3877,51	3716,02	3727,17	3728,7	4213,97	3992,1
3785,4	2999,76		3014,65	3006,59	2988,04	2989,99	2889,16	3005,13
3836,18	2994,38		2991,46	2995,12	3005,62	2998,53	2984,86	2998,53
3826,42	2995,61		3003,42	3003,17	3004,15	2997,56	2998,78	2995,85
3801,76	3004,64		3000	2996,58	3007,32	2999,76	3024,9	3001,47
0,54	0,59		0,6	0,61	0,6	0,6	0,63	0,58
0,67	0,7		0,7	0,74	0,72	0,72	0,74	0,68
0,71	0,75		0,75	0,76	0,73	0,71	0,73	0,64
0,44	0,55		0,56	0,55	0,54	0,54	0,57	0,53
780,97	807,4		808,57	807,48	808,59	808,8	819,86	835,01
772,23	807,58		809,02	806,95	808,4	809,01	819,76	834,66
760,61	807,3		808,35	807,28	808,24	808,8	819,38	835,1
785,79	807,43		808,9	807,1	808,57	808,69	819,6	834,96
712,76	842,25		843,29	837,65	833,69	836,22	855,11	858,36
748,79	872,96		875,98	876,61	871,85	875,58	897,8	912,32
732,44	855,51		857,57	863,52	860,58	863,76	888,59	888,83
380,31	396,42		395,8	398,62	396,09	395,87	403,34	395,21
363,76	382,65		382,14	382,32	381,19	381,63	388,62	381,37
0,07	0,08		0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
0,07	0,08		0,08	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07
15219,24	12046,14		11975,1	12018,07	11999,51	11976,81	11910,16	12026,37
8303,58	14954,43		15021,1	14994,17	15002,24	14994,74	17023,38	16057,48
0,21	0,08		0,08	0,08	0,08	0,08	0,1	0,09
1736,76	3353,27		3375,55	3418,27	3337,4	3420,41	3811,34	3723,75